ThS. NGUYỄN THANH HẢI

BÙI BÁ DUY - NGUYỄN HẢI NAM

KIẾN THỨC CƠ BẢN VẬT LÍ

TỰ LUẬN VÀ TRẮC NGHIỆM

12

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

ThS. NGUYỄN THANH HẢI – BÙI BÁ DUY – NGUYỄN HẢI NAM

KIẾN THỨC CƠ BẢN
VẬT LÍ 12

TỰ LUẬN VÀ TRẮC NGHIỆM

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

LỜI NÓI ĐẦU

Nhằm giúp học sinh nắm vững các kiến thức trọng tâm, biết cách vận dụng kiến thức đã học để trả lời các câu hỏi vận dụng, bài tập cơ bản và các bài tập tổng hợp Vật lí lớp 12 theo chương trình mới, chúng tôi biên soạn cuốn sách: "KIẾN THỨC CƠ BẢN VẬT LÍ 12".

Nội dung cuốn sách bám sát chương trình Vật lí lớp 12 nâng cao hiện hành, mỗi bài đều được trình bày theo một cấu trúc chung:

** KIẾN THỨC CƠ BẢN : Giúp học sinh ôn và nắm vững những kiến thức quan trọng của bài học.*

** CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG: Gồm hệ thống các câu hỏi và bài tập mang tính tổng hợp và vận dụng kiến thức vào thực tế, giúp học sinh biết áp dụng kiến thức bài học trong việc giải thích các hiện tượng một cách hợp lí, đồng thời giúp các em tiếp cận những dạng bài tập cơ bản theo chương trình mới hiện hành.*

** HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ: Giúp học sinh sau khi tự trả lời và làm các bài tập vận dụng, có thể so sánh và tham khảo cách trả lời để rút ra những kinh nghiệm cần thiết. Để việc sử dụng sách có hiệu quả, các em nên tự lực trả lời và giải các bài tập trước khi tham khảo lời giải.*

Chúng tôi hi vọngcuốn "KIẾN THỨC CƠ BẢN VẬT LÍ 12" sẽ là tài liệu thiết thực và bổ ích giúp các em có thể học tốt chương trình Vật lí lớp 12.

Chúng tôi rất cảm ơn những ý kiến đóng góp xây dựng của bạn đọc, để lần tái bản tới cuốn sách sẽ hoàn thiện hơn.

TÁC GIẢ

Chương I. ĐỘNG LỰC HỌC VẬT RẮN

Bài 1 CHUYỂN ĐỘNG QUAY CỦA VẬT RẮN QUANH MỘT TRỤC CỐ ĐỊNH

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Toạ độ góc

Toạ độ góc φ (rad) của vật rắn được xác định bằng góc giữa mặt phẳng động P cắt qua vật và mặt phẳng cố định P_0. Hai mặt phẳng này đều chứa trục quay (hình 1).

2. Tốc độ góc

– Tốc độ góc trung bình: $\omega_{tb} = \dfrac{\Delta\varphi}{\Delta t}$.

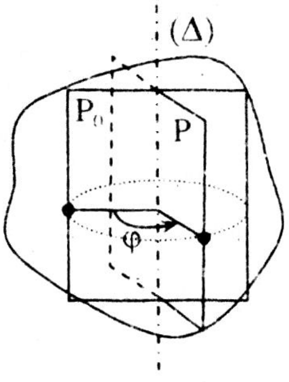
– Tốc độ góc tức thời: $\omega = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \dfrac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ hay $\omega = \varphi'(t)$.

– Đơn vị của tốc độ góc là rad/s.

3. Gia tốc góc

Gia tốc góc tức thời: $\gamma = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \dfrac{\Delta\omega}{\Delta t}$ hay $\gamma = \omega'(t)$.

Đơn vị của gia tốc góc là rad/s^2.



(Hình 1)

4. Các phương trình động học của chuyển động quay

* Nếu ω = hằng số thì chuyển động của vật rắn là chuyển động quay đều, phương trình chuyển động là: $\varphi = \varphi_0 + \omega t$.

* Nếu γ = hằng số thì chuyển động của vật rắn là chuyển động quay biến đổi đều. Ta có các phương trình:

$$\omega = \omega_0 + \gamma t\ ;\ \varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\gamma t^2\ ;\ \omega^2 - \omega_0^2 = 2\gamma(\varphi - \varphi_0).$$

Trong đó φ_0, ω_0 là toạ độ góc và tốc độ góc tại thời điểm t = 0.

– Nếu vật quay theo một chiều nhất định và tốc độ góc có độ lớn tăng (hoặc giảm) theo thời gian thì chuyển động quay là nhanh dần (hoặc chậm dần).

5. Tốc độ và gia tốc của các điểm trên vật quay

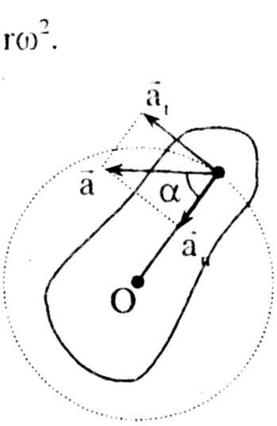
– Công thức liên hệ giữa tốc độ dài v và tốc độ góc ω của một điểm chuyển động trên quỹ đạo tròn có bán kính r: $v = r.\omega$.

– Khi vật rắn quay đều thì gia tốc hướng tâm là: $a_n = \dfrac{v^2}{r} = r\omega^2$.

– Khi vật rắn quay không đều, $\vec{a}$ có hai thành phần: gia tốc hướng tâm $a_n = r.\omega^2$ và gia tốc tiếp tuyến: $a_t = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = r\dfrac{\Delta\omega}{\Delta t}$ hay $a_t = r\gamma$.

Gia tốc $\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_t$ là gia tốc toàn phần có độ lớn: $a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}$. (hình 2)

Vectơ $\vec{a}$ hợp với bán kính nối tâm quay với điểm đang xét một góc α với: $\tan\alpha = \dfrac{a_t}{a_n} = \dfrac{\gamma}{\omega^2}$.



(Hình 2)

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Nêu sự tương ứng giữa các đại lượng góc trong chuyển động quay và các đại lượng dài trong chuyển động thẳng và sự tương ứng về các công thức của hai loại chuyển động này.
2. Bánh đà của một động cơ từ lúc khởi động đến lúc đạt tốc độ góc 160rad/s phải mất 4s. Biết động cơ quay nhanh dần đều. Tính góc quay của bánh đà trong thời gian 6s kể từ lúc khởi động.
3. Rôto của một động cơ quay đều, cứ mỗi phút quay được 4200 vòng. Trong 10s, rôto quay được một góc bằng bao nhiêu ?
4. Một cánh quạt có đường kính 1,4m, quay với tốc độ 600 vòng/phút. Tính tốc độ dài tại một điểm M nằm cách vành của cánh quạt 0,2m.
5. Tại thời điểm t = 0, một bánh xe bắt đầu quay quanh một trục với gia tốc góc không đổi. Sau 4s nó quay được một góc 32rad. Tính tốc độ góc và gia tốc góc của bánh xe tại thời điểm t = 10s.
6. Một cái đĩa ban đầu có vận tốc góc 180rad/s, quay chậm dần với gia tốc góc không đổi bằng 4 rad/s^2.

   a) Sau bao lâu thì đĩa dừng lại ?

   b) Đĩa quay được một góc bằng bao nhiêu trước khi dừng lại ?
7. Một hòn đá buộc vào dây dài 0,6m được làm cho quay tròn đều trong một mặt phẳng thẳng đứng, với tốc độ góc 120 vòng/phút. Lúc dây nằm ngang và đá đi lên thì dây đứt. Đá sẽ chuyển động thế nào ? Tính độ cao cực đại của nó so với tâm của đường tròn. Lấy $g = 10m/s^2$
8. Vệ tinh nhân tạo bay rất thấp trong mặt phẳng xích đạo với tốc độ v = 7,9km/s. Lấy bán kính quỹ đạo của vệ tinh bằng bán kính Trái Đất (R = 6400km) thì mỗi ngày đêm vệ tinh đi qua một điểm của xích đạo bao nhiêu lần?
9. Tính chu kì T của một vệ tinh nhân tạo có bán kính quỹ đạo R theo bán kính Trái Đất R_0 và gia tốc trọng trường ở mặt đất g_0. Từ đó suy ra bán kính quỹ đạo của vệ tinh địa tĩnh. Lấy $g_0 = 9,8\ m/s^2$.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Sự tương ứng về các đại lượng:

Đại lượng	*Chuyển động quay*	*Chuyển động thẳng*
Toạ độ	φ	x
Tốc độ	ω	v
Gia tốc	γ	a

Sự tương ứng về các công thức:

Chuyển động	*Chuyển động quay của vật rắn quanh một trục cố định*	*Chuyển động thẳng của một chất điểm*
Đều	ω là hằng số	v là hằng số
Biến đổi đều	$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\gamma t^2$ $\omega = \omega_0 + \gamma t$ $\omega^2 - \omega_0^2 = 2\gamma(\varphi - \varphi_0)$ $t = \sqrt{\frac{2(\varphi - \varphi_0)}{\gamma}}$	$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $v = v_0 + at$ $v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0)$ $t = \sqrt{\frac{2s}{a}}$

2. Gia tốc góc: $\gamma = \dfrac{\Delta\omega}{\Delta t} = \dfrac{160-0}{4} = 40 \text{rad/s}^2$.

Góc quay: $\varphi = \dfrac{1}{2}\gamma t^2 = \dfrac{1}{2}.40.6^2 = 720$ rad.

3. Tốc độ góc: $\omega = \dfrac{4200.2\pi}{60} = 439,6$ rad/s.

Góc quay: $\varphi = \omega t = 439,6.10 = 4396$ rad.

4. Tốc độ góc: $\omega = \dfrac{600.2\pi}{60} = 62,8$ rad/s.

Khoảng cách từ điểm M đến trục quay: $r = \dfrac{1,4}{2} - 0,2 = 0,5\,\text{m}$

Tốc độ dài: $v = \omega r = 62,8.0,5 = 31,4$ m/s.

5. Từ $\varphi = \dfrac{1}{2}\gamma t^2 \Rightarrow$ gia tốc góc: $\gamma = \dfrac{2\varphi}{t^2} = \dfrac{2.32}{4^2} = 4 \text{ rad/s}^2$.

Tại t = 10s, tốc độ góc: $\omega = \gamma t = 4.10 = 40$ rad/s.

6. a) Ta có $\omega = \omega_0 + \gamma t$.

Khi đĩa dừng lại thì $\omega = 0 \Rightarrow t = \dfrac{-\omega_0}{\gamma} = \dfrac{-180}{-4} = 45\text{s}$.

b) Góc quay: $\varphi = \omega_0 t + \dfrac{1}{2}\gamma t^2 = 180.45 - \dfrac{1}{2}.4.45^2 = 4050$ rad.

7. Tốc độ góc của viên đá: $\omega = \dfrac{2\pi \cdot 120}{60} = 4\pi$ rad/s.

Tốc độ dài của đá lúc dây đứt: v = 0,6.4.3,14 = 7,536m/s.

Đá văng ra theo phương tiếp tuyến, đi thẳng đứng lên cao.

Độ cao cực đại: $h = \dfrac{v^2}{2g} = \dfrac{7,536^2}{2.9,81} = 2,89\text{m}$.

8. Chu kì của vệ tinh: $T = \dfrac{2\pi R}{v} = \dfrac{2.3,14.6400}{7,9} = 5087\text{s} = 1,41$ giờ.

Số lần đi qua một điểm của xích đạo: $n = \dfrac{24}{1,41} = 17$ lần.

9. Ta có chu kì $T = \dfrac{2\pi R}{v}$. Tốc độ của vệ tinh $v = \sqrt{gR}$, g là gia tốc trọng trường tại điểm cách tâm Trái Đất một khoảng R.

Với $g = g_0 \dfrac{(R_0)^2}{R} \Rightarrow T = \dfrac{2\pi R\sqrt{R}}{R_0\sqrt{g_0}}$

Vệ tinh địa tĩnh có chu kì $T = T_0 = 24$ giờ $= 86400$s.

Từ $T = \dfrac{2\pi R\sqrt{R}}{R_0\sqrt{g_0}} \Rightarrow R^3 = \dfrac{g_0 T_0^2 R_0^2}{4\pi^2} \Rightarrow R = 42,3.10^3\text{km}$.

Bài 2

PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG LỰC HỌC CỦA VẬT RẮN QUAY QUANH MỘT TRỤC CỐ ĐỊNH

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Mối liên hệ giữa gia tốc góc và mômen lực

a) Momen lực đối với một trục quay

Momen của lực $\vec{F}$ đối với trục quay (Δ): $M = F.d$, trong đó d là cánh tay đòn của lực.

Đơn vị của momen lực là (N.m).

b) Mối liên hệ giữa gia tốc góc và momen lực

* Trường hợp vật rắn gồm quả cầu nhỏ khối lượng m gắn vào đầu một thanh rất nhẹ dài r và chỉ có thể quay trên mặt phẳng nhẵn nằm ngang xung quanh một trục thẳng đứng đi qua đầu kia của thanh.

Tác dụng vào quả cầu một lực $\vec{F_t}$ theo phương tiếp tuyến với quỹ đạo tròn của quả cầu thì mômen của $\vec{F_t}$ đối với trục quay là $M = F_t r$.

Với $F_t = ma_t$ và $a_t = r\gamma \Rightarrow M = (mr^2)\gamma$.

* Trường hợp vật rắn gồm nhiều chất điểm có khối lượng m_i, m_j ... ở cách trục quay những khoảng r_i, r_j ... thì:

– Mômen lực tác dụng lên mỗi chất điểm là: $M_i = (m_i r_i^2)\gamma$.

– Mômen lực tác dụng lên toàn bộ vật rắn là: $M = (\sum m_i r_i^2)\gamma$.

2. Momen quán tính

– Momen quán tính I đối với một trục đặc trưng cho mức quán tính của vật rắn trong chuyển động quay quanh trục ấy.

Biểu thức: $I = \sum m_i r_i^2$.

– Đơn vị của momen quán tính trong hệ SI là $kg.m^2$.

Một vài công thức tính momen quán tính của vật rắn đồng chất có dạng hình học đối với trục đối xứng (hình 3)

Thanh có tiết diện nhỏ so với chiều dài: $I = \frac{1}{12}mL^2$

Vành đặc, dẹt: $I = \frac{1}{2}mR^2$

Vành tròn bán kính R: $I = mR^2$

Hình cầu đặc: $I = \frac{2}{5}mR^2$

(Hình 3)

3. Phương trình động lực học của vật rắn quay quanh một trục

Giả sử vật rắn có một momen quán tính I đối với một trục quay cố định (Δ). Dưới tác dụng của ngoại lực, vật rắn có gia tốc góc γ.

Phương trình động lực học của vật rắn là: $M = I\gamma$.

Trong hệ SI: M đo bằng N.m, I đo bằng $kg.m^2$ và γ đo bằng rad/s^2.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Một ròng rọc có bán kính 25cm có momen quán tính 0,05kg.m^2 đối với trục của nó. Ròng rọc chịu một lực không đổi 2N theo phương tiếp tuyến với vành. Lúc đầu ròng rọc đứng yên. Tính tốc độ góc của ròng rọc sau khi quay được 8s. Bỏ qua mọi lực cản.

2. Một bánh xe có momen quán tính đối với trục quay cố định là 6 kg.m^2 đang đứng yên thì chịu tác dụng của một momen lực 24 N.m đối với trục quay. Bỏ qua mọi lực cản. Sau bao lâu, kể từ khi bắt đầu quay, bánh xe đạt tới tốc độ góc 120 rad/s?

3. Một vật có dạng là một vỏ hình cầu mỏng bán kính 2m, chịu tác dụng của momen lực 840 N.m gây ra cho vật một gia tốc góc 6 rad/s^2 quanh một trục đi qua tâm. Tính :

   a) Momen quán tính của vật.

   b) Khối lượng M của vật.

4. Một ròng rọc có bán kính R = 20cm, momen quán tính I = 10^{-3} kg.m^2 đối với trục của nó. Ròng rọc chịu một lực không đổi F = 2N tiếp tuyến với vành. Tính:

   a) Gia tốc góc của ròng rọc.

   b) Tốc độ góc của ròng rọc sau t = 2s, biết rằng lúc đầu nó đứng yên.

5. Một quả cầu đặc, đồng tính, có khối lượng 1,5kg, bán kính 0,2m. Tính :

   a) Momen lực làm quay quả cầu xung quanh một trục đi qua tâm của nó để truyền cho nó một vận tốc góc ω = 280rad/s trong 14s. Biết rằng lúc đầu quả cầu đứng yên.

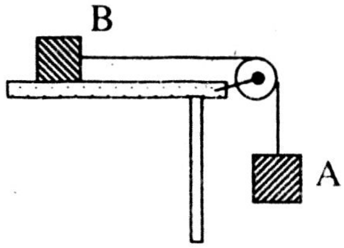
   b) Lực tiếp tuyến tác dụng vào một điểm của quả cầu ở xa trục quay nhất.

6. Một đĩa tròn đồng chất khối lượng m = 1kg, bán kính R = 40cm đang quay đều quanh trục vuông góc với mặt đĩa và đi qua tâm của đĩa với tốc độ góc ω_0 = 10rad/s. Tác dụng lên đĩa một momen hãm. Đĩa quay chậm dần đều và dừng lại sau khi đã quay được một góc 10rad.

   a) Tính momen hãm đó.

   b) Tính thời gian từ lúc chịu tác dụng của momen hãm đến khi đĩa dừng hẳn.

7. Hai vật A và B có cùng khối lượng m = 1kg, được liên kết với nhau bằng một dây nhẹ, không dãn, vắt qua một ròng rọc có bán kính R = 10cm và momen quán tính I = 0,05kg.m^2 (hình 4). Biết dây không trượt trên ròng rọc nhưng không biết giữa vật B và bàn có ma sát hay không.



(Hình 4)

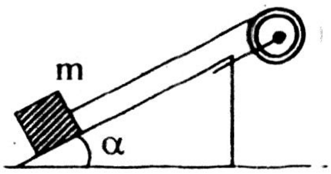
   Lúc đầu, các vật được giữ đứng yên, sau đó hệ vật được thả ra, người ta thấy sau 2s, ròng rọc quay quanh trục của nó được 2vòng và gia tốc của các khối A, B không đổi. Cho g = 9,8 m/s^2. Coi ma sát ở trục của ròng rọc không đáng kể.

   a) Tính gia tốc góc của ròng rọc.

   b) Tính gia tốc của hai vật.

   c) Tính lực căng của dây ở hai bên của ròng rọc và hệ số ma sát giữa vật B và mặt bàn.

8. Một bánh xe, bán kính r = 0,2m được lắp vào một trục nằm ngang không ma sát. Một sợi dây nhẹ quấn quanh bánh xe và buộc vào một vật có khối lượng 1,8kg. Vật này trượt không ma sát trên một mặt phẳng nghiêng 30^0 so với mặt phẳng ngang với gia tốc $2m/s^2$ như hình 5. Lấy $g = 10m/s^2$. Tính:



(Hình 5)

a) Lực căng của dây.

b) Momen quán tính của bánh xe.

c) Tốc độ góc của bánh xe tại thời điểm t = 4s kể từ lúc bắt đầu quay.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Gia tốc góc: $\gamma = \frac{M}{I} = \frac{F.r}{I} = \frac{2.0,25}{0,05} = 10\ rad/s^2$.

Tại t = 8s, tốc độ góc: $\omega = \gamma t = 10.8 = 80\ rad/s$.

2. Gia tốc góc: $\gamma = \frac{M}{I} = \frac{24}{6} = 4\ rad/s^2$.

Từ $\omega = \gamma t \Rightarrow t = \frac{\omega}{\gamma} = \frac{120}{4} = 30s$.

3. a) Momen quán tính: $I = \frac{M}{\gamma} = \frac{840}{6} = 140\ kg.m^2$.

b) Từ $I = MR^2 \Rightarrow$ Khối lượng $M = \frac{I}{R^2} = \frac{140}{2^2} = 35\ kg$.

4. a) Gia tốc góc: $\gamma = I = \frac{F_tR}{I} = \frac{2.0,2}{10^{-3}} = 400\ rad/s^2$.

b) Tốc độ góc: $\omega = \gamma t = 400.2 = 800\ rad/s$.

5. a) Gia tốc góc: $\gamma = \frac{\omega}{t} = \frac{280}{14} = 20\ rad/s^2$.

Mômen quán tính: $I = \frac{1}{2}MR^2 = \frac{1}{2}.1,5.(0,2)^2 = 0,03\ kg.m^2$.

b) Mômen lực: $M = I\gamma = 0,03.20 = 0,6\ Nm$.

Từ $M = F_tR \Rightarrow$ Lực tiếp tuyến: $F_t = \frac{M}{R} = \frac{0,6}{0,2} = 3\ N$.

6. a) Gia tốc góc : $\gamma = \frac{\omega_0^2 - \omega^2}{2\varphi} = \frac{0 - 10^2}{2.10} = -5\ rad/s^2$.

Momen quán tính: $I = \frac{1}{2}mR^2 = \frac{1}{2}.1.(0,4)^2 = 0,08\ kg.m^2$

Momen hãm $M = I\gamma = 0,08.(-5) = -0,4\ N.m$

Dấu trừ chứng tỏ momen hãm có tác dụng làm giảm tốc độ của đĩa.

b) Từ $\omega = \omega_0 + \gamma t \Rightarrow t = \frac{\omega - \omega_0}{\gamma} = \frac{0 - 10}{-5} = 2s$.

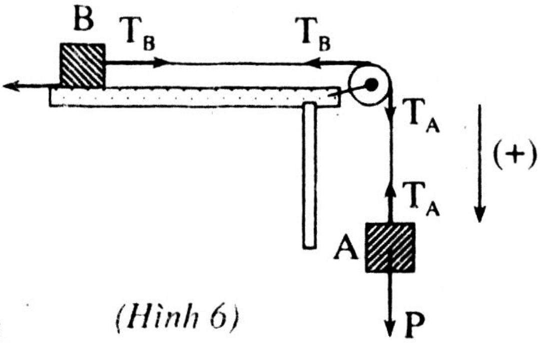
Vậy, sau 2 giây kể từ lúc chịu tác dụng của momen hãm thì đĩa dừng quay.

7. a) Từ công thức $\varphi = \frac{1}{2}\gamma t^2 \Rightarrow$ gia tốc góc: $\gamma = \frac{2\varphi}{t^2} = \frac{2,4\pi}{2^2} = 6,28 \text{ rad/s}^2$.

b) Gia tốc của hai vật:

Ta có: $a = R\gamma = 0,1.6,28 = 0,628 \text{ m/s}^2$.

c) Tính lực căng của dây ở hai bên ròng rọc (hình 6).



(Hình 6)

– Xét vật A : $P - T_A = ma$

Suy ra : $T_A = P - ma = m(g - a)$

Thay số: $T_A = 1(9,8 - 0,628) \approx 9,17$ N

– Xét ròng rọc : $(T_A - T_B)R = I\gamma$

$\Rightarrow T_A - T_B = I\frac{\gamma}{R}$ hay $T_B = T_A - I\frac{\gamma}{R}$

Thay số : $T_B = 9,17 - 0,05.\frac{6,28}{0,1} = 6,03$ N.

– Xét vật B: $T_B - F_{ms} = ma$

$\Rightarrow F_{ms} = T_B - ma = 6,03 - 1.0,628 \approx 5,4$ N.

Hệ số ma sát giữa vật B và mặt bàn là : $\mu = \frac{F_{ms}}{mg} \approx \frac{5,40}{1.9,8} = 0,55$.

8. a) Gọi T là lực căng dây. Đối với vật: $mg\sin\alpha - T = ma$

$\Rightarrow T = m(g\sin\alpha - a) = 1,8(10.0,5 - 2) = 5,4$N.

b) Phương trình động lực học đối với ròng rọc:

$$Tr = I\gamma = I\frac{a_t}{r} \text{ với } a_t = a \Rightarrow I = \frac{Tr^2}{a} = \frac{5,4.0,2^2}{2} = 0,108 \text{ kg.m}^2$$

c) Gia tốc góc: $\gamma = \frac{a_t}{r} = \frac{a}{r} = \frac{2}{0,2} = 10 \text{rad/s}^2$.

Tốc độ góc: $\omega = \gamma t = 10.4 = 40$rad/s.

Bài 3 MÔMEN ĐỘNG LƯỢNG ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN MÔMEN ĐỘNG LƯỢNG

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Mômen động lượng

Từ $M = I\gamma$, với $\gamma = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$ và khi I không đổi thì: $M = \frac{\Delta(I\omega)}{\Delta t}$.

Đặt $L = I\omega$ thì phương trình động lực học vật rắn quay quanh một trục là: $M = \frac{\Delta L}{\Delta t}$. Phương trình này đúng cho cả trường hợp mômen quán tính của vật hoặc hệ thay đổi.

* Đại lượng $L = I\omega$ gọi là momen động lượng của vật rắn đối với trục quay.

Trong hệ SI, momen động lượng tính bằng $\text{kg.m}^2.\text{s}^{-1}$.

2. Định luật bảo toàn momen động lượng

Nếu tổng các momen lực tác dụng lên vật rắn (hay hệ vật) đối với một trục bằng không thì tổng momen động lượng của vật rắn (hay hệ vật) đối với trục đó được bảo toàn.

Từ phương trình $M = \frac{\Delta L}{\Delta t}$, nếu $M = 0$ thì $\Delta L = 0$ và $I\omega$ = hằng số.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. a) Nêu định luật bảo toàn momen động lượng.

b) Các vận động viên bơi lội khi nhảy từ ván cầu xuống nước có động tác "bó gối" thật chặt lúc ở trên không. Giải thích tại sao làm như thế lại tăng tốc độ quay. Sau đó, họ phải làm thế nào để ngừng quay và lao mình vào trong nước ?

2. Một người đứng trên một chiếc ghế đang quay, hai tay cầm hai quả tạ. Khi người ấy dang tay theo phương ngang, ghế và người quay với tốc độ góc ω_1. Ma sát ở trục quay nhỏ không đáng kể. Nếu người ấy co tay lại kéo hai quả tạ vào gần sát vai thì tốc độ góc mới của hệ "người + ghế" sẽ thay đổi thế nào? Giải thích.

3. Một vật có momen quán tính $0,8\ kg.m^2$ quay đều 10vòng trong 2s. Tính momen động lượng của vật.

4. Hai đĩa tròn có momen quán tính I_1 và I_2 đang quay đồng trục và cùng chiều với tốc độ góc ω_1 và ω_2. Ma sát ở trục quay nhỏ không đáng kể. Sau đó cho hai đĩa dính vào nhau. Tìm biểu thức tốc độ góc của hệ quay.

5. Một đĩa tròn đồng chất có bán kính $R = 0,8m$, khối lượng $m = 1,4kg$ quay đều với tốc độ góc $\omega = 10rad/s$ quanh một trục thẳng đứng đi qua tâm của đĩa. Tính momen động lượng của đĩa đối với trục quay đó.

6. Một đĩa tròn đang quay không ma sát quanh trục của nó với tốc độ 20vòng/s thì có một thanh cùng khối lượng với đĩa và dài bằng đường kính của đĩa ép dính vào mặt đĩa. Cả hai đều quay quanh trục đi qua trọng tâm của chúng. Tính tốc độ góc chung của hệ.

7. Một người có khối lượng $M = 60kg$ đứng ở mép của một sàn quay có bán kính $R = 1m$ và momen quán tính $I = 3kg.m^2$ đang đứng yên. Người ấy ném một hòn đá khối lượng $m = 1kg$ theo phương ngang, tiếp tuyến với mép ở sàn. Tốc độ của hòn đá so với mặt đất là $v = 15m/s$. Bỏ qua ma sát ở trục quay. Tính tốc độ góc của sàn và tốc độ dài của người.

8. Trên một sàn quay hình trụ đặc, đồng chất, khối lượng $M = 20kg$, bán kính $R = 2m$ có một người khối lượng $m = 60kg$ đứng tại mép sàn. Sàn và người quay với tốc độ 0,4 vòng/s. Khi người đi tới điểm cách trục quay $r = 1m$ thì tốc độ góc của sàn và người bằng bao nhiêu?

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. * Phát biểu: Nếu tổng các momen lực tác dụng lên vật rắn (hay hệ vật) đối với một trục bằng không thì tổng momen động lượng của vật rắn (hay hệ vật) đối với trục đó được bảo toàn.

* Khi bó gối, khoảng cách giữa các phần của người và khối tâm bị thu hẹp lại làm momen quán tính của người đối với trục quay giảm đi. Theo định luật bảo toàn momen động đượng thì tốc độ góc sẽ tăng lên. Khi muốn ngừng quay, họ duỗi thẳng người để các phần của người và khối tâm bị tăng, làm momen quán

tính của người đối với trục quay tăng lên và tốc độ góc sẽ giảm đi, đó là lúc họ sắp tiếp xúc với mặt nước.

2. Tốc độ góc mới của hệ "người + ghế" tăng lên. Chú ý rằng, khi người ấy co tay lại kéo hai quả tạ vào gần sát vai thì mômen quán tính I giảm. Từ $L = I\omega = \text{const}$, khi I giảm thì ω tăng.

3. Tốc độ góc: $\omega = \dfrac{10.2\pi}{2} = 31,4$ rad/s.

   Momen động lượng: $L = I\omega = 0,8.31,4 \approx 25,12$ kgm^2/s.

4. Ban đầu, mômen động lượng của các đĩa: $L_1 = I_1\omega_1$ và $L_2 = I_2\omega_2$.

   Sau khi ghép, mômen động lượng của hệ: $L = L_1 + L_2 = I_1\omega_1 + I_2\omega_2$.

   Hay $(I_1 + I_2)\omega = I_1\omega_1 + I_2\omega_2 \Rightarrow \omega = \dfrac{I_1\omega_1 + I_2\omega_2}{I_1 + I_2}$.

5. Mômen quán tính của đĩa: $I = \dfrac{1}{2}mR^2 = \dfrac{1}{2}.1,4.0,8^2 = 0,448\text{kg.m}^2$.

   Momen động lượng: $L = I\omega = 0,448.10 = 4,48$ kgm^2/s.

6. Mômen quán tính của đĩa: $I_1 = \dfrac{1}{2}mR^2$

   Mômen quán tính của thanh: $I_2 = \dfrac{1}{12}m(2R)^2 = \dfrac{1}{3}mR^2$

   Ta có: $L = L_1 \Leftrightarrow \left(\dfrac{1}{2}mR^2 + \dfrac{1}{3}mR^2\right)\omega = \dfrac{1}{2}mR^2\omega_1$.

   $\Rightarrow \dfrac{5}{6}MR^2\omega = \dfrac{1}{2}MR^2\omega_1 \Rightarrow \omega = \dfrac{3}{5}\omega_1 = \dfrac{3}{5}.20 = 12$ vòng/giây.

7. – Ngay khi người ném hòn đá thì $mv = Mv'$.

   Động lượng của người: $L_1 = Mv'R = mvR = 1.15.1 = 15$ kg.m^2/s.

   Xét hệ sàn và người trước và sau khi ném: $L_{hệ} = L_1 + (I + MR^2)\omega = 0$.

   $\Leftrightarrow mvR + (I + MR^2)\omega = 0 \Rightarrow \omega = \dfrac{-mvR}{I + MR^2} = \dfrac{-15}{3 + 60.1^2} = 0,24\text{rad/s}$.

   – Tốc độ dài của người: $v_2 = \omega R = \dfrac{-mvR^2}{I + MR^2} = 0,24$ m/s.

8. Mômen quán tính ban đầu của hệ: $I_1 = \dfrac{1}{2}MR^2 + mR^2 = \left(\dfrac{1}{2}M + m\right)R^2$.

   Mômen quán tính của hệ khi người đã di chuyển vào trong, cách trục quay một khoảng r: $I_2 = \dfrac{1}{2}MR^2 + mr^2 = \left(\dfrac{1}{2}M + \dfrac{1}{4}m\right)R^2$.

   Lập tỉ số $\Rightarrow \dfrac{I_1}{I_2} = \dfrac{\dfrac{1}{2}M + m}{\dfrac{1}{2}M + \dfrac{m}{4}} = \dfrac{\dfrac{1}{2}\cdot 20 + 60}{\dfrac{1}{2}\cdot 20 + \dfrac{60}{4}} = 2,8$.

   Từ $L_2 = L_1 \Leftrightarrow I_2\omega_2 = I_1\omega_1 \Rightarrow \omega_2 = \omega_1\dfrac{I_1}{I_2} = 0,4.2,8 = 1,12$ vòng/giây.

Bài 4-5

ĐỘNG NĂNG CỦA VẬT RẮN QUAY QUANH MỘT TRỤC CỐ ĐỊNH BÀI TẬP VỀ ĐỘNG LỰC HỌC VẬT RẮN

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

– Động năng của vật rắn quay quanh một trục bằng tổng động năng của tất cả các phần tử tạo nên vật: $W_đ = \sum \frac{1}{2} m_i v_i^2 = \sum \frac{1}{2} m_i r_i^2 \omega^2$

Trong đó $I = \sum_i I_i = \sum m_i r_i^2$ là momen quán tính của vật rắn đối với trục quay.

– Có thể viết: $W_đ = \frac{1}{2}\left(\sum I_i\right)\omega^2$ hay $W_đ = \frac{1}{2} I\omega^2$

Động năng của vật rắn quay quanh một trục bằng nửa tích số của momen quán tính của vật và bình phương vận tốc góc của vật đối với trục quay đó.

Trong hệ đơn vị SI, động năng đo bằng jun (J).

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Viết công thức tính động năng của một vật rắn quay quanh một trục. Nêu nhận xét về vai trò của momen quán tính trong công thức tính động năng quay.

2. Một bánh đà có momen quán tính 3,2 kg.m^2 quay với tốc độ góc 7200rad/s. Tính động năng quay của bánh đà.

3. Hai đĩa tròn có cùng momen quán tính đối với cùng trục quay đi qua tâm của các đĩa. Lúc đầu đĩa 2 (ở phía trên) đang đứng yên, đĩa 1 quay với tốc độ góc ω_1. Ma sát ở trục quay nhỏ không đáng kể. Sau đó cho hai đĩa dính vào nhau, tính tốc độ góc ω của hệ. Từ đó suy ra động năng của hệ hai đĩa thay đổi như thế nào so với lúc đầu?

4. Hai bánh xe A và B có cùng động năng quay, tốc độ góc $\omega_A = 4\omega_B$. Tính tỉ số momen quán tính $\frac{I_B}{I_A}$ đối với trục quay đi qua tâm của A và B.

5. Một đĩa tròn đồng chất có bán kính R = 0,4m, khối lượng m = 1,4kg quay đều với tốc độ góc ω = 8rad/s quanh một trục thẳng đứng đi qua tâm của đĩa. Tính động năng của đĩa đối với trục quay đó.

6. Một ròng rọc có momen quán tính đối với trục quay cố định là 8kg.m^2 quay đều với tốc độ 60vòng/phút. Tính động năng quay của ròng rọc đối với trục quay đó.

7. Một bánh đà quay nhanh dần đều từ nghỉ và sau 4s thì nó có tốc độ góc 120rad/s và có động năng quay là 48kJ. Tính gia tốc góc và momen quán tính của bánh đà đối với trục quay.

8. Một bánh xe đạp chịu tác dụng của một momen lực M_1 không đổi là 20N.m. Trong 10s đầu, tốc độ góc của bánh xe tăng đều từ 0 đến 15rad/s. Sau đó momen M_1 ngừng tác dụng, bánh xe quay chậm dần đều và dừng hẳn lại sau 30s. Cho biết momen của lực ma sát có giá trị không đổi trong suốt thời gian bánh xe quay và bằng 0,25M_1.

a) Tính gia tốc góc của bánh xe trong các giai đoạn quay nhanh dần và chậm dần.

b) Tính momen quán tính của bánh xe đối với trục.

c) Tính động năng quay của bánh xe ở đầu giai đoạn quay chậm dần.

9. Một người ngồi trên một chiếc ghế đang quay, hai tay cầm hai quả tạ, mỗi quả 3kg. Khi người ấy dang tay theo phương ngang, các quả tạ cách trục quay 1m và người quay với tốc độ góc 0,75rad/s. Giả thiết momen quán tính tổng cộng của hệ "người + ghế" là không đổi và bằng 3kg.m^2. Sau đó người lại kéo hai quả tạ theo phương ngang lại gần trục quay, cách trục 0,3m.

a) Tìm tốc độ góc mới của hệ "người + ghế".

b) Tìm động năng của hệ "người + ghế" trước và sau khi thu tay lại. Giải thích sự thay đổi động năng của hệ.

10. Một hình trụ đặc đồng chất có khối lượng M, bán kính R, lăn không trượt từ trạng thái nghỉ trên một mặt phẳng nghiêng góc so với phương ngang là $\alpha = 30^0$. Tính tốc độ của khối tâm G khi nó đã đi được đoạn đường s = 0,6m. Lấy g = 10m/s^2.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. – Công thức: $W_đ = \frac{1}{2}I\omega^2$, trong đó I là momen quán tính của vật rắn đối với trục quay, ω là tốc độ góc.

– Từ công thức $W_đ = \frac{1}{2}I\omega^2$, ta thấy với cùng tốc độ góc ω, vật nào có mômen quán tính càng lớn thì có động năng càng lớn. Trên thực tế, các bánh đà bằng thép có mômen quán tính đối với trục quay khá lớn. Khi nó quay với tốc độ lớn thì động năng của nó rất lớn và có thể sử dụng làm nguồn năng lượng dự trữ.

2. Động năng: $W_đ = \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}3,2.7200^2 \approx 8,3.10^7$ J.

3. Ban đầu, mômen động lượng của các đĩa: $L_1 = I_1\omega_1$ và $L_2 = 0$.

Sau khi ghép, mômen động lượng của hệ: $L = (I_1 + I_2)\omega$

$\Rightarrow \omega = \frac{I_1\omega_1}{I_1 + I_2} = \frac{I\omega_1}{2I} = \frac{\omega_1}{2}$ tức tốc độ góc giảm 2 lần.

Trong khi đó mômen quán tính của hệ tăng 2 lần. Từ đó suy ra động năng giảm 2 lần.

4. Ta có: $W_{đA} = \frac{1}{2}I_A\omega_A^2$, $W_{đB} = \frac{1}{2}I_B\omega_B^2$.

Vì hai bánh xe A và B có cùng động năng quay nên:

$$\frac{1}{2}I_A\omega_A^2 = \frac{1}{2}I_B\omega_B^2 \Rightarrow \frac{I_B}{I_A} = \frac{\omega_A^2}{\omega_B^2} = 16.$$

5. Mômen quán tính của đĩa: $I = \frac{1}{2}mR^2 = \frac{1}{2}.1,4.0,4^2 = 0,112$ kg.m^2.

Động năng: $W_đ = \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}.0,112.8^2 = 3,564$J.

6. Tốc độ góc của ròng rọc: $\omega = \frac{60.2\pi}{60} = 6,28$rad/s.

Động năng: $W_đ = \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}.8.6,28^2 = 157,75$J.

7. Từ $\omega = \gamma t \Rightarrow$ gia tốc góc: $\gamma = \dfrac{\omega}{t} = \dfrac{120}{4} = 30\text{rad/s}^2$.

Từ $W_đ = \dfrac{1}{2}I\omega^2 \Rightarrow$ mômen quán tính $I = \dfrac{2W_đ}{\omega^2} = \dfrac{2.48.10^3}{120^2} = 6{,}67\ \text{kgm}^2$.

8. a) Giai đoạn quay nhanh dần đều : $\gamma_1 = \dfrac{\omega_1 - \omega_0}{\Delta t_1} = \dfrac{15-0}{10} = 1{,}5\ \text{rad/s}^2$.

Giai đoạn quay chậm dần đều : $\gamma_2 = \dfrac{\omega_2 - \omega_1}{\Delta t_2} = \dfrac{0-15}{30} = -0{,}5\ \text{rad/s}^2$.

b) Tổng momen lực tác dụng vào bánh xe :

$M = M_1 + M_{ms} = 20 + (-5) = 15\ \text{Nm} \Rightarrow I = \dfrac{M}{\gamma_1} = \dfrac{15}{1{,}5} = 10\text{kg.m}^2$.

c) Động năng quay: $W_đ = \dfrac{1}{2}I\omega_1^2 = \dfrac{1}{2}.10.15^2 = 1125\text{J}$.

9. a) Khi dang rộng tay: $I_1 = I + 2mR^2 = 3 + 2.3.1^2 = 9\ \text{kg.m}^2$.
Khi thu tay về: $I_1 = I + 2mr^2 = 3 + 2.3.0{,}3^2 = 3{,}54\text{kg.m}^2$.

$L_2 = L_1 \Leftrightarrow I_2\omega_2 = I_1\omega_1 \Rightarrow \omega_2 = \dfrac{I_1}{I_2}\omega_1 = \dfrac{9.0{,}75}{3{,}54} = 1{,}91\text{rad/s}$.

b) Động năng khi dang tay: $W_1 = \dfrac{1}{2}I_1\omega_1^2 = \dfrac{1}{2}.9.0{,}75^2 = 2{,}5\text{J}$.

Động năng khi thu tay về: $W_2 = \dfrac{1}{2}I_2\omega_2^2\, W_2 = \dfrac{1}{2}.3{,}54.1{,}91^2 = 6{,}45\text{J}$.

Động năng của hệ tăng là do người đã thực hiện công để kéo hai quả tạ lại gần trục quay; công này để thắng công cản của lực quán tính li tâm tác dụng vào hai quả tạ trong hệ quy chiếu quay.

10. Khi vật hình trụ lăn không trượt thì giữa tốc độ của khối tâm và tốc độ góc ω có liên hệ $v = \omega R$.

Động năng $W_đ$ của hình trụ lăn không trượt:

$$W_đ = \frac{Mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} = \frac{Mv^2}{2} + \frac{MR^2}{4}\cdot\frac{v^2}{R^2} = \frac{Mv^2}{2} + \frac{Mv^2}{4}$$

$\Rightarrow$ Vậy $W_đ = \dfrac{3}{4}Mv^2$

Khi khối tâm G đi được đoạn đường s dọc theo mặt phẳng thì nó đã xuống thấp một độ cao $\dfrac{s}{2}$. Công của trọng lực $Mg\dfrac{s}{2}$ đã chuyển thành động năng $W_đ$

nên: $Mg\dfrac{s}{2} = \dfrac{3}{4}Mv^2$

$\Rightarrow$ tốc độ của khối tâm: $v = \sqrt{\dfrac{2}{3}gs} = \sqrt{\dfrac{2}{3}.10.0{,}6} = 2\text{m/s}$.

CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM ÔN TẬP CUỐI CHƯƠNG

1. Khi vật rắn quay quanh một trục cố định được một vòng thì:

A. mọi điểm trên vật đều quay một góc π/2.

B. mỗi điểm trên vật đều đi được đoạn đường như nhau.

C. góc quay của mọi điểm trên vật đều là 2π.

D. toạ độ của các điểm trên vật thay đổi một lượng 2π.

2. Trong 6 giây, một vật rắn quay đều được 2 vòng quanh một trục cố định. Vận tốc góc của vật là:

A. $\frac{2}{3}\pi$ rad/s. B. 3π rad/s.

C. 1,5π rad/s. D. 12π rad/s.

3. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Nếu vận tốc góc của vật rắn không thay đổi theo thời gian thì vật rắn quay đều.

B. Nếu gia tốc góc và vận tốc góc trái dấu thì vật rắn quay chậm dần.

C. Nếu gia tốc góc bằng hằng số thì vận tốc góc của vật rắn cũng bằng hằng số.

D. Trong hệ tọa độ (φ, t) đồ thị của phương trình chuyển động quay đều có dạng là đoạn thẳng.

4. Một chất điểm chuyển động tròn biến đổi đều với vận tốc góc ban đầu $\omega_0 < 0$. Chuyển động của chất điểm là chậm dần đều khi:

A. gia tốc góc $\beta > 0$. B. gia tốc góc $\beta < 0$.

C. toạ độ góc ban đầu $\varphi_0 > 0$. D. toạ độ góc ban đầu $\varphi_0 < 0$.

5. Khi vật rắn quay đều quanh trục cố định thì đại lượng nào sau đây có giá trị bằng không?

A. gia tốc pháp tuyến tại mọi điểm. B. gia tốc tiếp tuyến tại mọi điểm.

C. vận tốc góc của các điểm trên vật. D. vận tốc dài của các điểm trên vật.

6. Nếu độ lớn của lực và cánh tay đòn của lực tác dụng lên vật rắn có trục quay cố định đồng thời giảm đi 5 lần thì mômen lực sẽ:

A. giảm đi 5 lần. B. giảm đi 10 lần. C. giảm đi 25 lần. D. không thay đổi.

7. Khi bán kính quay r của một chất điểm khối lượng m quay quanh trục (Δ) giảm đi n lần thì mômen quán tính của nó sẽ:

A. tăng $\frac{n}{2}$ lần. B. tăng n lần. C. tăng 2n lần. D. tăng n^2 lần.

8. Khi chiều dài L của một thanh có tiết diện nhỏ, khối lượng m quay quanh trục (Δ) đi qua trọng tâm của thanh tăng lên 5 lần thì mômen quán tính của nó sẽ:

A. tăng 5 lần. B. tăng 25 lần. C. tăng 10 lần. D. tăng 2,5 lần.

9. Khi bán kính của một vành tròn khối lượng m quay quanh trục (Δ) vuông góc với mặt phẳng chứa vành tròn và đi qua tâm vành tròn giảm đi 2 lần thì mômen quán tính của nó sẽ:

A. giảm 2 lần. B. giảm 4 lần. C. giảm $\sqrt{2}$ lần. D. giảm $2\sqrt{2}$ lần.

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRUNG TÂM THÔNG TIN THƯ VIỆN
LC/2303

10. Khi bán kính của một đĩa tròn đặc, dẹt, khối lượng m quay quanh trục (Δ) vuông góc với mặt phẳng đĩa và đi qua tâm đĩa tăng lên 10 lần thì mômen quán tính của nó sẽ:

A. tăng 10 lần. B. tăng 20 lần. C. tăng 100 lần. D. tăng 5 lần.

11. Trường hợp nào sau đây, mômen quán tính của một chất điểm đối với một trục sẽ không thay đổi so với ban đầu?

A. tăng khối lượng 2 lần, dịch chất điểm ra xa trục quay $2\sqrt{2}$ lần.

B. giảm khối lượng 2 lần, dịch chất điểm ra xa trục quay $2\sqrt{2}$ lần.

C. tăng khối lượng 2 lần, dịch chất điểm lại gần trục quay $\sqrt{2}$ lần.

D. giảm khối lượng 2 lần, dịch chất điểm lại gần trục quay $\sqrt{2}$ lần.

12. Một vật rắn quay quanh một trục cố định, gia tốc góc của vật sẽ bằng 0 khi:

A. mômen quán tính I của vật bằng 0.
B. mômen quán tính I của vật bằng hằng số.
C. mômen lực M tác dụng lên vật bằng 0.
D. mômen lực M tác dụng lên vật bằng hằng số.

13. Một vật rắn quay đều quay quanh trục (Δ). Thông tin nào sau đây là **đúng**?

A. mômen động lượng của vật rắn bằng hằng số.
B. mômen lực tác dụng lên vật rắn bằng hằng số.
C. mômen quán tính của vật rắn không đổi.
D. gia tốc góc của vật rắn bằng hằng số.

14. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Khi vật quay đều thì tổng mômen lực tác dụng đối với trục quay luôn bằng hằng số.

B. Khi mômen động lượng của vật rắn đối với một trục quay bằng hằng số thì mômen lực tác dụng lên vật rắn đối với trục quay đó bằng không.

C. Nếu vật rắn quay quanh một trục với vận tốc góc không đổi thì mômen động lượng của vật rắn đối với trục quay đó cũng không đổi.

D. Khi vật quay nhanh dần đều quanh một trục thì tổng mômen lực tác dụng lên vật là một hằng số.

15. Một thanh cứng có tiết diện nhỏ, khối lượng m, chiều dài L quay đều quanh trục đi qua điểm chính giữa thanh với vận tốc góc ω. Động năng của thanh trong chuyển động này là:

A. $W_d = \frac{1}{24}mL^2\omega^4$. B. $W_d = \frac{1}{12}mL^2\omega^2$.

C. $W_d = \frac{1}{2}mL^2\omega$. D. $W_d = \frac{1}{24}mL^2\omega^2$.

16. Một vành tròn khối lượng m, bán kính R quay đều quanh một trục vuông góc với mặt phẳng vành tròn và đi qua tâm của nó với vận tốc ω. Động năng của vành tròn trong chuyển động này là:

A. $W_d = \frac{1}{24}mR^2\omega^2$. B. $W_d = \frac{1}{2}mR^2\omega^2$.

C. $W_d = \frac{1}{12}mR^2\omega^2$. D. $W_d = \frac{1}{5}mR^2\omega^2$.

17. Một đĩa tròn đặc, dẹt khối lượng m, bán kính R quay đều quanh một trục vuông góc với mặt phẳng đĩa và đi qua tâm của nó với vận tốc ω. Động năng của đĩa tròn trong chuyển động này là:

A. $W_đ = \frac{1}{4}mR^2\omega^2$.   B. $W_đ = \frac{1}{2}mR^2\omega^2$.

C. $W_đ = \frac{1}{4}mR\omega^2$.   D. $W_đ = \frac{1}{4}mR^2\omega$.

18. Trường hợp nào sau đây, động năng của vật rắn quay quanh một trục cố định không thay đổi so với ban đầu?

A. mômen quán tính tăng n lần, vận tốc góc giảm $\sqrt{n}$ lần.

B. mômen quán tính tăng n lần, vận tốc góc giảm n lần.

C. mômen quán tính giảm n lần, vận tốc góc tăng 2n lần.

D. mômen quán tính giảm 2 lần, vận tốc góc tăng 2n lần.

19. Chọn câu **đúng**.

Một vật rắn quay đều quanh một trục cố định.

A. Để động năng không đổi thì khi vận tốc góc tăng lên n lần, mômen quán tính phải giảm n lần.

B. Khi vận tốc góc tăng lên n lần và mômen quán tính không đổi thì động năng tăng n lần.

C. Để động năng không đổi thì khi mômen quán tính tăng n lần thì vận tốc góc phải giảm $\sqrt{n}$ lần.

D. Muốn động năng tăng gấp đôi trong điều kiện vận tốc góc không đổi thì mômen quán tính phải tăng gấp bốn lần.

20. Một hình trụ có khối lượng m, bán kính đáy R lăn không trượt trên một mặt phẳng với vận tốc của khối tâm là v_c, vận tốc góc quay quanh khối tâm là ω và mômen quán tính đối với trục quay qua khối tâm là I. Động năng của nó là:

A. $W = \frac{1}{2}(mv_c + I\omega)$ B. $W = \frac{1}{2}(mR + I)\omega$.

C. $W = \frac{1}{2}(m + \frac{I}{R})v_c$.   D. $W = \frac{1}{2}(mR^2 + I)\omega^2$.

HƯỚNG DẪN TRẢ LỜI

1. Khi vật rắn quay quanh một trục cố định được một vòng thì góc quay của mọi điểm trên vật đều là 2π. **Chọn C**

2. Vận tốc góc của vật là $\frac{2}{3}\pi$ rad/s. **Chọn A**

3. Câu sai: Nếu gia tốc góc bằng hằng số thì vận tốc góc của vật rắn cũng bằng hằng số. **Chọn B**

4. Chuyển động là chậm dần đều khi gia tốc góc $\beta > 0$. **Chọn A**

5. Khi vật rắn quay đều quanh trục cố định thì gia tốc tiếp tuyến tại mọi điểm có giá trị bằng không. **Chọn B**

6. Mômen lực sẽ giảm đi 25 lần. **Chọn C**

7. Mômen quán tính sẽ tăng n^2 lần. **Chọn D**

8. Mômen quán tính sẽ giảm 16 lần. **Chọn B**

9. Mômen quán tính sẽ giảm 4 lần. **Chọn B**

10. Mômen quán tính sẽ tăng 100 lần. **Chọn C**

11. Trường hợp: tăng khối lượng 2 lần, dịch chất điểm lại gần trục quay $\sqrt{2}$ lần. **Chọn C**

12. Một vật rắn quay quanh một trục cố định, gia tốc góc của vật sẽ bằng 0 khi mômen lực M tác dụng lên vật bằng 0. **Chọn C**

13. Thông tin đúng: mômen động lượng của vật bằng hằng số. **Chọn A**

14. Câu sai: Khi vật quay đều thì tổng mômen lực tác dụng đối với trục quay luôn bằng hằng số. **Chọn A**

15. Động năng của thanh là $W_d = \frac{1}{24}mL^2\omega^2$. **Chọn D**

16. Động năng của vành tròn là $W_d = \frac{1}{2}mR^2\omega^2$. **Chọn B**

17. Động năng của đĩa tròn là $W_d = \frac{1}{4}mR^2\omega^2$. **Chọn A**

18. Trường hợp: mômen quán tính tăng n lần, vận tốc góc giảm $\sqrt{n}$ lần. **Chọn A**

19. Để động năng không đổi thì khi mômen quán tính tăng n lần thì vận tốc góc phải giảm $\sqrt{n}$ lần. **Chọn C**

20. Động năng của nó là $W = \frac{1}{2}(mR^2 + I)\omega^2$. Chú ý rằng khi hình trụ lăn không trượt thì $v_c = R\omega$. **Chọn D**

Chương II. DAO ĐỘNG CƠ

Bài 6 DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Dao động cơ học

Dao động cơ học là chuyển động qua lại quanh vị trí cân bằng.

Dao động cơ có thể là tuần hoàn hoặc gần đúng là tuần hoàn.

2. Phương trình động lực học của dao động và nghiệm của nó

Xét chuyển động của vật nặng trong con lắc lò xo đặt nằm ngang. Trục x được chọn là quỹ đạo của vật nặng, gốc O là vị trí cân bằng.

– Phương trình động lực học của vật: $x'' + \omega^2 x = 0$. Với $\omega^2 = \dfrac{k}{m}$.

– Nghiệm của phương trình $x'' + \omega^2 x = 0$ có dạng $x = A\cos(\omega t + \varphi)$, trong đó A và φ là hai hằng số bất kì, gọi là phương trình dao động.

4. Các đại lượng đặc trưng của dao động điều hoà

Trong phương trình $x = A\cos(\omega t + \varphi)$:

- A là biên độ, là giá trị cực đại của li độ x ứng với $\cos(\omega t + \varphi) = 1$.
- $\omega t + \varphi$ là pha của dao động tại thời điểm t.
- φ là pha ban đầu, tức là pha $\omega t + \varphi$ vào thời điểm $t = 0$.
- ω là tần số góc của dao động.

5. Chu kì và tần số của dao động điều hoà

– Chu kì T là khoảng thời gian ngắn nhất giữa hai lần liên tiếp vật đi qua cùng một vị trí với cùng chiều chuyển động: $T = \dfrac{2\pi}{\omega}$.

– Tần số f là số chu kì dao động thực hiện trong một giây: $f = \dfrac{1}{T} = \dfrac{\omega}{2\pi}$.

Nếu chọn đơn vị chu kì là giây (s) thì đơn vị tần số f là hec (Hz).

6. Vận tốc trong dao động điều hoà

Vận tốc: $v = x' = -\omega A\sin(\omega t + \varphi)$ hay $v = \omega A\cos(\omega t + \varphi - \dfrac{\pi}{2})$.

7. Gia tốc trong dao động điều hoà

Gia tốc: $a = v' = x'' = -\omega^2 A\cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 x$.

Gia tốc ngược chiều với li độ và có độ lớn tỉ lệ với độ lớn của li độ.

8. Biểu diễn dao động điều hoà bằng vectơ quay

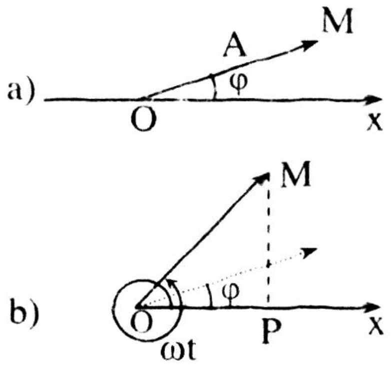
Để biểu diễn dao động $x = A\cos(\omega t + \varphi)$ người ta dùng vectơ $\overrightarrow{OM}$, có độ dài A (biên độ), quay đều quanh điểm O trong mặt phẳng chứa trục Ox với vận tốc góc ω.

Vào thời điểm ban đầu t = 0, góc giữa trục Ox và $\overrightarrow{OM}$ là φ (hình 7a).

Vào thời điểm t, góc giữa Ox và $\overrightarrow{OM}$ sẽ là $\omega t + \varphi$ (hình 7b).

Hình chiếu của vectơ $\overrightarrow{OM}$ trên trục x là: $ch_x\overrightarrow{OM} = A\cos(\omega t + \varphi)$.

Đó chính là biểu thức trong vế phải của $x = A\cos(\omega t + \varphi)$.



(Hình 7)

Vectơ quay $\overrightarrow{OM}$ biểu diễn dao động điều hoà, có hình chiếu trên trục x là li độ của dao động.

9. **Điều kiện ban đầu : sự kích thích dao động**

Xét một vật dao động là con lắc lò xo. Kích thích vật bằng cách đưa nó ra khỏi vị trí cân bằng mọt đoạn x_0 rồi thả tự do ($v_0 = 0$).

Nếu chọn gốc thời gian t = 0 là lúc thả vật tự do ở li độ x_0, ta có điều kiện ban đầu sau: $x(0) = x_0$ và $v(0) = 0$.

Tại t = 0: thì: $\begin{cases} x(0) = A\cos\varphi = x_0 \\ v(0) = -\omega A\sin\varphi = 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = 0$ và $A = x_0$.

Phương trình của dao động được kích thích như trên là: $x = x_0\cos\omega t$.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Một vật dao động điều hòa có biên độ 2cm, chu kì T = 2s. Tại t = 0 vật có li độ $\sqrt{2}$ cm. Viết phương trình và vẽ đồ thị li độ của dao động điều hòa nêu trên.

2. a) Thử lại rằng : $x = A_1\cos\omega t + A_2\sin\omega t$ (*); trong đó A_1 và A_2 là hai hằng số bất kì cũng là nghiệm của phương trình $x'' + \omega^2 x = 0$.

   b) Chứng tỏ rằng, nếu chọn A_1 và A_2 trong biểu thức ở vế phải của (*) như sau: $A_1 = A\cos\varphi$ và $A_2 = -A\sin\varphi$ thì biểu thức ấy trùng với biểu thức ở vế phải của phương trình $x = A\cos(\omega t + \varphi)$.

3. Phương trình dao động của một vật là : $x = 6\cos(4\pi t + \frac{\pi}{6})$ (cm).

   a) Tìm li độ dao động tại thời điểm $t = \frac{1}{4}$ s.

   b) Xác định tốc độ cực đại của vật.

4. Một con lắc lò xo gồm một vật nặng có khối lượng m = 0,4kg gắn vào đầu một lò xo có độ cứng không = 40N/m. Vật nặng ở vị trí cân bằng. Dùng búa gõ vào quả nặng, truyền cho nó vận tốc ban đầu bằng 20 cm/s hướng theo trục lò xo.

   a) Viết phương trình dao động của vật nặng.

   b) Muốn cho biên độ dao động của vật nặng bằng 4cm thì vận tốc ban đầu truyền cho vật phải bằng bao nhiêu ?

5. Một vật nặng treo vào một lò xo làm cho lò xo dãn ra $\Delta l = 1$m. Tìm chu kì dao động của vật gắn vào đầu lò xo đó. Lấy $g = \pi^2$.

6. Có hai lò xo giống hệt nhau có cùng độ cứng $k_1 = k_2 = k$.

a) Treo quả nặng m = 0,2kg vào một lò xo thì chu kì dao động là 2s. Tính độ cứng k của lò xo.

b) Nối hai lò xo với nhau rồi treo quả nặng m = 0,2kg thành hệ dao động. Tính chu kì dao động của hệ trong các trường hợp:

– Hai lò xo ghép nối tiếp.

– Hai lò xo ghép song song.

7. Một con lắc lò xo treo thẳng đứng gồm một quả nặng có khối lượng m = 1kg và lò xo có k = 1600 N/m. Khi quả nặng ở vị trí cân bằng, người ta truyền cho nó một vận tốc ban đầu bằng 2m/s hướng thẳng đứng xuống dưới.

a) Viết phương trình dao động. Chọn gốc thời gian là lúc truyền vận tốc cho vật.

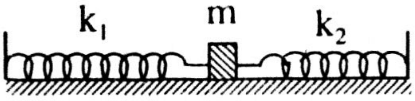
b) Tính độ lớn gia tốc cực đại của vật.

8. Một lò xo có độ cứng 100N/m, đầu trên cố định, đầu dưới treo vật có khối lượng m = 400g. Kéo vật xuống dưới vị trí cân bằng theo phương thẳng đứng một đoạn 1cm, đồng thời truyền cho nó một tốc độ $10\sqrt{5}$ cm/s để nó dao động điều hoà.

a) Viết phương trình dao động của vật. Chọn gốc tọa độ ở vị trí cân bằng, chiều dương hướng xuống, gốc thời gian (t = 0) là lúc vật ở vị trí x = 0,707cm và di chuyển theo chiều dương Ox.

b) Treo thêm vật có khối lượng m_2, chu kì dao động của hai vật là 0,5s. Tìm m_2.

9. Một vật có khối lượng m gắn với hai lò xo có độ cứng k_1 và k_2 như hình vẽ 8. Ban đầu các lò xo đều bị dãn.



(Hình 8)

Chứng minh rằng khi kéo vật lệch khỏi vị trí cân bằng theo phương trục của các lò xo một đoạn x_0 rồi buông nhẹ, vật sẽ thực hiện dao động điều hòa. Tính chu kì dao động đó.

10. Một vật có khối lượng 0,01kg dao động điều hòa với biên độ 24cm và chu kì 4,0s. Tại thời điểm t = 0, vật có li độ cực đại âm.

a) Viết phương trình dao động của vật.

b) Tính li độ, gia tốc và lực hồi phục tại thời điểm t = 0,5s.

c) Xác định những thời điểm vật qua vị trí có li độ x = –12cm và vận tốc tại thời điểm đó.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

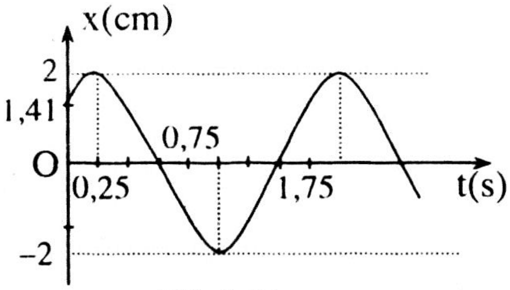
1. Phương trình dao động: $x = 2\cos(\pi t - \frac{\pi}{4})$ (cm).

Đồ thị biểu diễn như hình 9. Chú ý một số giá trị đặc biệt:

$\omega = \frac{2\pi}{T} = \pi \Rightarrow$ Chu kì T = 2s.

Khi t = 0 thì $x = 2\cos(-\frac{\pi}{4}) = \sqrt{2}$ cm.

Khi $t = \frac{1}{4}$ s thì x = 2cos0 = 2cm.



(Hình 9)

Khi $t = \frac{3}{4}$s thì $x = 2\cos\frac{\pi}{2} = 0$cm.

2. a) Với $x = A_1\cos\omega t + A_2\sin\omega t$ thì:

$x' = -\omega A_1\sin\omega t + \omega A_2\cos\omega t$ và $x'' = -\omega^2 A_1\cos\omega t - \omega^2 A_2\sin\omega t$

Thay vào phương trình $x'' + \omega^2 x = 0$ ta được:

$-\omega^2 A_1\cos\omega t - \omega^2 A_2\sin\omega t + \omega^2(A_1\cos\omega t + A_2\sin\omega t) = 0$.

Vậy $x = A_1\cos\omega t + A_2\sin\omega t$ (A_1 và A_2 là hai hằng số bất kì) là nghiệm của phương trình $x'' + \omega^2 x = 0$.

b) Thay $A_1 = A\cos\varphi$ và $A_2 = -A\sin\varphi$ vào $x = A_1\cos\omega t + A_2\sin\omega t$ ta được: $x = A\cos\varphi\cos\omega t - A\sin\varphi\sin\omega t$.

dùng công thức lượng giác: $\cos(a + b) = \cos a\cos b - \sin a\sin b$

Ta suy ra: $x = A\cos(\omega t + \varphi)$ (đpcm).

3. a) Tại $t = \frac{1}{4}$s thì pha bằng $4\pi.\frac{1}{4} + \frac{\pi}{6} = \frac{7\pi}{6}$rad.

Li độ: $x = 6\cos\frac{7\pi}{6} = -3\sqrt{3}$ cm.

b) Tốc độ cực đại: $v_{max} = \omega A = 4\pi.6 = 81,84$cm/s $\approx 0,82$m/s.

4. a) Phương trình dao động có dạng: $x = A\cos(\omega t + \varphi)$.

Tần số góc : $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = 10$ rad/s.

Chọn gốc thời gian t = 0 vào lúc gõ búa vào vật nặng ở vị trí cân bằng và chiều dương của trục x là chiều vận tốc ban đầu.

Tại t = 0 thì x = 0 và $v = x' = 0,2$ m/s.

Từ đó suy ra: $\begin{cases} A\cos\varphi = 0 \Rightarrow \varphi = \pm\frac{\pi}{2} \\ -10A\sin\varphi = 0,2 \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{2},\ A = \frac{0,2}{10} = 0,02\text{ m} \end{cases}$

Vậy $x = 0,02\cos(10t - \frac{\pi}{2})$ (m).

b) Muốn A = 4cm thì phải có: $v(0) = \omega A \Rightarrow 10.0,04 = 0,4$m/s.

5. Gọi m là khối lượng vật nặng, k là độ cứng của lò xo.

Khi vật cân bằng: $mg = k.\Delta l \Leftrightarrow \frac{m}{k} = \frac{\Delta l}{g}$.

Chu kì dao động: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{\Delta l}{g}} = 2$s.

6. a) Từ $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow$ độ cứng $k = \frac{4\pi^2}{T^2}m$

Thay số: $k = \frac{4\cdot 3,14^2}{2^2}\cdot 0,2 = 1,97$ N/m.

b) Khi hai lò xo nối tiếp thì: $k_{nt} = \dfrac{k_1k_2}{k_1 + k_2} = \dfrac{k}{2}$.

Chu kì dao động: $T_{nt} = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k_{nt}}} = 2\pi\sqrt{\dfrac{2m}{k}} = T\sqrt{2} = 2{,}82s.$

Khi hai lò xo nối song song thì $k_{ss} = k_1 + k_2 = 2k$.

Chu kì dao động: $T_{ss} = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k_{ss}}} = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{2k}} = \dfrac{T}{\sqrt{2}} = 1{,}41s.$

7. a) Chọn trục toạ độ Ox theo phương thẳng đứng. Gốc O ≡ VTCB; chiều dương hướng xuống. Phương trình có dạng: $x = A\cos(\omega t + \varphi)$.

Tần số góc : $\omega = \sqrt{\dfrac{k}{m}} = 40$ rad/s.

Tại t = 0: $\begin{cases} x = 0 = A\cos\varphi \\ v = 2 = -\omega A\sin\varphi \end{cases} \Rightarrow \varphi = -\dfrac{\pi}{2}$ và A = 0,05m

Phương trình dao động: $x = 5\cos(40t - \dfrac{\pi}{2})$ (cm).

b) Độ lớn gia tốc cực đại: $a_{max} = \omega^2A = 40^2.0{,}05 = 80m/s^2$.

8. a) Phương trình dao động có dạng: $x = A\cos(\omega t + \varphi)$.

Tần số góc : $\omega = \sqrt{\dfrac{k}{m}} = \sqrt{\dfrac{100}{0{,}4}} = 5\sqrt{10}$ rad/s.

Tại t = 0: $\begin{cases} x = \sqrt{2} = A\cos\varphi \\ v = 10\sqrt{5} = -\omega A\sin\varphi \end{cases} \Rightarrow \varphi = -\dfrac{\pi}{4}$ và A = 0,5cm.

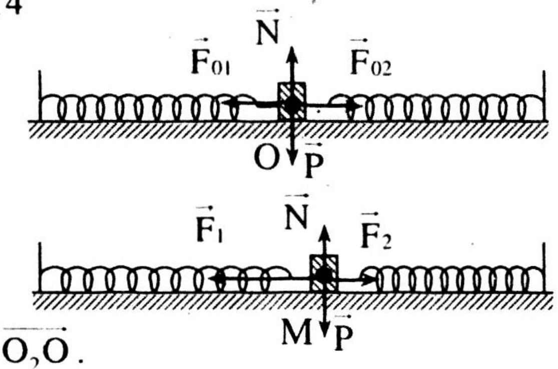
Phương trình dao động: $x = 0{,}5\cos(5\sqrt{10}\,t - \dfrac{\pi}{4})$ (cm).

b) Chu kì dao động của hệ : $T_h = 2\pi\sqrt{\dfrac{m_1 + m_2}{k}}$

$\Rightarrow m_1 + m_2 = \dfrac{kT_h^2}{4\pi^2}$ hay $0{,}4 + m_2 = \dfrac{100.0{,}5^2}{4.3{,}14^2} = 0{,}634$

$\Rightarrow m_2 = 0{,}634 - 0{,}4 = 0{,}234$ kg .

9. Gọi O là vị trí cân bằng, M là vị cách O một đoạn $x < x_0$. Các lực tác dụng lên vật được tại O và M được biểu diễn như hình 10.



(Hình 10)

Tại O: $\vec{P} + \vec{N} + \vec{F}_{01} + \vec{F}_{02} = \vec{0}$

Trong đó : $\vec{F}_{01} = -k_1.\overrightarrow{O_1O}$ và $\vec{F}_{02} = -k_2.\overrightarrow{O_2O}$.

Ta được: $\vec{P} + \vec{N} - k_1\overrightarrow{O_1O} - k_2\overrightarrow{O_2O} = \vec{0}$ (*)

Tại vị trí M bất kì với $\overline{OM} = x$: $\vec{P} + \vec{N} + \vec{F_1} + \vec{F_2} = m\vec{a}$

Trong đó: $\vec{F_1} = -k_1.\overrightarrow{O_1M} = -k_1(\overrightarrow{O_1O} + \overrightarrow{OM})$

và $\vec{F_2} = -k_2.\overrightarrow{O_2M} = -k_2(\overrightarrow{O_2O} + \overrightarrow{OM})$

$\Rightarrow \vec{P} + \vec{N} - k_1(\overrightarrow{O_1O} + \overrightarrow{OM}) - k_2(\overrightarrow{O_2O} + \overrightarrow{OM})$

Kết hợp với (*) suy ra: $-(k_1 + k_2).\overrightarrow{OM} = m\vec{a}$ (**)

Chú ý rằng $a = x''$, ta thu được: $-(k_1 + k_2)x = mx''$.

Nghiệm phương trình có dạng $x = A\cos(\omega t + \varphi)$. Điều đó chứng tỏ hệ thực hiện dao động điều hòa.

Chu kì dao động $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k_1 + k_2}}$.

10. a) Tần số góc : $\omega = \dfrac{2\pi}{T} = \dfrac{\pi}{2}$ rad/s

Tại t = 0 thì $A\cos\varphi = -A \Rightarrow \cos\varphi = -1 \Rightarrow \varphi = \pi$.

Phương trình dao động: $x = 0{,}24\cos(\frac{\pi}{2}t + \pi)$ (m).

b) Tại t = 0,5s: $x = 0{,}24\cos\cos(\frac{\pi}{2}.0{,}5 + \pi) = -0{,}17$m.

Gia tốc : $a = -\omega^2 x = -(\frac{\pi}{2})^2.(-0{,}169) = 0{,}42\text{m/s}^2$.

Lực hồi phục: $F = ma = (0{,}010)(0{,}416) = 0{,}0042$N.

c) Tại x = −0,12m thì: $x = -0{,}12 = 0{,}24\cos(\frac{\pi}{2}t + \pi)$ (m)

$$\Rightarrow \cos(\frac{\pi}{2}t + \pi) = -\frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{\pi}{2}t + \pi = \begin{cases} \pi + \dfrac{\pi}{3} + 2k\pi \Rightarrow t = (\dfrac{2}{3} + 4k)\text{s} \\ \pi + \dfrac{5\pi}{3} + 2k\pi \Rightarrow t = (\dfrac{10}{3} + 4k)\text{s} \end{cases}$$

Vận tốc: $v = -\frac{\pi}{2}.0{,}24\sin(\frac{\pi}{2}\cdot\frac{2}{3} + \pi) = 0{,}326$ m/s.

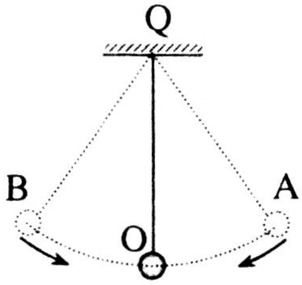
Bài 7

CON LẮC ĐƠN. CON LẮC VẬT LÍ

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Con lắc đơn

Con lắc đơn gồm một vật nặng có kích thước nhỏ, có khối lượng m, treo ở đầu một sợi dây mềm không dãn có độ dài l và có khối lượng không đáng kể. Nếu đưa vật nặng ra khỏi vị trí cân bằng O, ví dụ tới vị trí A trên quỹ đạo tròn tâm Q bán kính l, rồi thả tự do thì vật nặng dao động trên cung tròn AOB qua lại quanh vị trí cân bằng O (hình 11).



(Hình 11)

2. Phương trình động lực học và nghiệm của nó

Xét con lắc đơn mà dây treo có chiều dài l, đặt tại vị trí có gia tốc trọng trường g. Trong hệ toạ độ cong có trục trùng với quỹ đạo, gốc O trùng với vị trí cân bằng và chiều dương chọn trước. Phương trình động lực học của con lắc:

$$s'' + \omega^2 s = 0.$$

Trong đó: s là tọa độ cong của vật dao động và $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$.

– Nghiệm của phương trình $s'' + \omega^2 s = 0$ là $s = A\cos(\omega t + \varphi)$ gọi là phương trình dao động của con lắc.

– Nếu đưa vật nặng ra khỏi vị trí cân bằng tới vị trí A trên quỹ đạo tròn rồi thả tự do. Chọn gốc thời gian vào lúc thả vật nặng, ta có điều kiện ban đầu: Khi t = 0 thì $s = s_0$ và $v = s' = 0$.

Từ đó rút ra: $\begin{cases} A\cos\varphi = s_0 \\ -A\sin\varphi = 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = 0$ và $A = s_0$.

Phương trình dao động của con lắc là : $s = s_0\cos\omega t$.

– Có thể chọn góc lệch α của dây treo làm thông số xác định vị trí (toạ độ góc), khi đó: $\alpha = \alpha_0 \cos\omega t$.

– Chu kì T của dao động nhỏ là: $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$.

3. Con lắc vật lí

Con lắc vật lí là một vật rắn quay được quanh một trục nằm ngang cố định.

Con lắc vật lí dao động nhỏ quanh vị trí cân bằng với tần số góc $\omega = \sqrt{\frac{mgd}{I}}$.

Trong đó I là mômen quán tính, m là khối lượng vật và d là khoảng cách từ trọng tâm của vật đến trục quay.

4. Hệ dao động

– Hệ dao động là hệ gồm vật dao động và vật tác dụng lực kéo về (lực phục hồi) gây nên dao động.

– Dao động của hệ xảy ra dưới tác dụng chỉ của nội lực gọi là dao động tự do.

Một vật hay một hệ dao động tự do theo một tần số góc xác định gọi là tần số góc riêng của vật hay hệ ấy. Tần số góc riêng của con lắc lò xo là $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$, của con lắc đơn là $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Đối chiếu dao động của con lắc đơn với dao động của con lắc lò xo. Hãy cho biết đối với từng con lắc thì:

a) Lực kéo về có phụ thuộc khối lượng vật nặng không ?

b) Gia tốc của vật nặng có phụ thuộc khối lượng của nó không ?

c) Tần số góc có phụ thuộc khối lượng vật nặng không ?

2. Ở nơi mà con lắc đơn đếm giây (tức là có chu kì 2s) có độ dài 1m thì con lắc đơn có độ dài 4m dao động với chu kì bằng bao nhiêu ?

3. Một con lắc đơn gồm vật nặng m treo ở đầu sợi dây mảnh có chiều dài $l = 1$m tại nơi có gia tốc trọng trường $g = 10m/s^2$.

Con lắc ở vị trí cân bằng. Ta cung cấp cho vật một tốc độ ban đầu $v = 5cm/s$ theo phương ngang. Tìm góc lệch cực đại của con lắc khỏi vị trí cân bằng và viết phương trình dao động của con lắc theo li độ góc α và toạ độ s.

4. Một đồng hồ quả lắc có chu kì T = 2s. Coi quả lắc là một con lắc đơn, quả nặng của con lắc làm bằng đồng, dây treo mảnh và cũng làm bằng đồng. Giả sử đồng hồ chạy đúng trong chân không, ở 20^0C, tại nơi có gia tốc của trọng trường là $g = 9,81m/s^2$.

a) Tìm độ dài l của dây treo ở 20^0C;

b) Đặt đồng hồ trong không khí ở 20^0C thì đồng hồ chạy thế nào?

5. Một con lắc đơn có độ dài l_1 dao động với chu kì $T_1 = 0,6$ s. Một con lắc đơn khác có độ dài l_2 dao động với chu kì $T_2 = 0,8$ s. Tính chu kì dao động của con lắc đơn có độ dài $l_1 + l_2$.

6. Một đồng hồ quả lắc trong 1 ngày đêm chạy nhanh 6,48s tại một nơi ngang mực nước biển và ở nhiệt độ bằng $t_1 = 10^0$C. Thanh treo con lắc có hệ số nở dài $\alpha = 2.10^{-5}K^{-1}$. Hỏi cũng với vị trí này, thì ở nhiệt độ nào đồng hồ chạy đúng giờ?

7. Trái Đất có khối lượng bằng 81 lần khối lượng Mặt Trăng và bán kính bằng 37 lần bán kính Mặt Trăng.

a) Chu kì dao động của con lắc đơn sẽ thay đổi thế nào nếu ta di chuyển con lắc từ Trái Đất lên Mặt Trăng?

b) Trên Mặt Trăng, nếu muốn giữ nguyên chu kì như ở Trái Đất thì phải thay đổi độ dài của con lắc thế nào?

8. Một con lắc vật lí được treo trong một thang máy. Khi thang máy đi lên nhanh dần đều với gia tốc $g' = \frac{1}{10}g$ thì chu kì dao động của con lắc thay đổi thế nào so với lúc thang máy đứng yên?

9. Một vật rắn có khối lượng m = 2 kg có thể quay quanh một trục nằm ngang. Dưới tác dụng của trọng lực, vật dao động nhỏ với chu kì T = 1s. Khoảng cách từ trục quay đến khối tâm của vật là d = 20cm. Tính momen quán tính của vật đối với trục quay (lấy $g = 10m/s^2$).

10. Một con lắc vật lí gồm một quả nặng có kích thước nhỏ, có khối lượng M = 1kg, gắn vào đầu một thanh kim loại mảnh đồng chất dài l = 1,2m, có khối lượng m = 0,3kg. Đầu kia của thanh kim loại treo vào một điểm cố định.

    a) Tính momen quán tính I của con lắc đối với trục quay nằm ngang đi qua điểm treo.

    b) Biết khoảng cách từ trục quay đến khối tâm con lắc là 1,12m. Tính chu kì dao động nhỏ của con lắc. Lấy $g = 10m/s^2$.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. * Đối với con lắc đơn:

- Lực kéo về $F = -m\frac{g}{l}s$ có phụ thuộc vào khối lượng m.

- Gia tốc của vật nặng $a = -\frac{g}{l}s$ không phụ thuộc khối lượng m.

- Tần số góc $\omega = \sqrt{\frac{l}{g}}$ không phụ thuộc khối lượng m.

* Đối với con lắc lò xo:

- Lực kéo về F = –kx không phụ thuộc vào khối lượng m.

- Gia tốc của vật nặng $a = -\frac{k}{m}x$ có phụ thuộc khối lượng m.

- Tần số góc $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ có phụ thuộc khối lượng m.

2. Với con lắc đếm giây: $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l_0}{g}}$.

Với con lắc có chiều dài l: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$.

Lập tỉ số: $\frac{T}{T_0} = \sqrt{\frac{l}{l_0}} = 2 \Rightarrow T = 4s$.

3. Động năng $E_đ$ của con lắc ở vị trí cân bằng: $E_đ = \frac{mv^2}{2}$

Khi con lắc đạt độ lệch cực đại, thế năng $E_t = mgl(1 - \cos\alpha_0)$.

$$E_đ = E_t \Leftrightarrow \frac{mv^2}{2} = mgl(1 - \cos\alpha_0)$$

$$\Rightarrow 1-\cos\alpha_0=\frac{v^2}{2gl}=\frac{(0{,}05)^2}{2\cdot 10.1}=0{,}000125$$

Vì cosα ≈ 1 nên α_0 rất nhỏ, có thể tính α_0 gần đúng:

$$1-\cos\alpha_0=2\sin^2\frac{\alpha_0}{2}\approx 2\left(\frac{\alpha_0}{2}\right)^2=\frac{\alpha_0^2}{2}$$

$$\Rightarrow \alpha_0^2=\frac{v^2}{gl} \text{ hay } \alpha_0=\frac{v}{\sqrt{gl}}=\frac{0{,}05}{\sqrt{10.1}}=0{,}016 \text{ rad.}$$

* Dạng phương trình dao động: $\alpha=\alpha_0\cos(\omega t+\varphi)$.

Tần số góc: $\omega=\sqrt{\frac{g}{l}}=\sqrt{10}$ rad/s.

Chọn t = 0 là lúc con lắc được truyền động năng ở vị trí cân bằng, chiều dương là chiều của vận tốc ban đầu, ta có:

Khi t = 0 thì $\begin{cases}\alpha=0=\alpha_0\cos\varphi\\ v=0{,}05=-\omega\alpha_0\sin\varphi>0\end{cases}\Rightarrow\varphi=-\frac{\pi}{2}$.

Phương trình dao động: $\alpha=0{,}016\cos(\sqrt{10}\,t-\frac{\pi}{2})$ rad.

Nếu viết theo toạ độ s thì: $s=s_0\cos(\sqrt{10}\,t-\frac{\pi}{2})$ m.

Với $s=\alpha l=0{,}016$m, thì $s=0{,}016\cos(\sqrt{10}\,t-\frac{\pi}{2})$ m.

4. a) Từ $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\Rightarrow l=\frac{gT^2}{4\pi^2}=\frac{9{,}81.2^2}{4.3{,}14^2}=0{,}995$m.

b) Đặt đồng hồ trong không khí thì con lắc chịu tác dụng của lực đẩy Acsimet của không khí $F_a=\frac{m}{D}dg$, trọng lượng của con lắc chỉ còn là :

$P'=mg-\frac{m}{D}dg=mg(1-\frac{d}{D})$, tức là trong không khí, con lắc chịu tác dụng của gia tốc biểu kiến là: $g'=g(1-\frac{d}{D})$.

Vì $\frac{d}{D}=\frac{1{,}3}{8900}=\varepsilon<<1$, nên áp dụng các công thức gần đúng ta được:

$$T'=T\sqrt{\frac{g}{g'}}=T\sqrt{\frac{1}{1-\varepsilon}}=2{,}000146\text{s.}$$

Chu kì tăng tức là số giây mà đồng hồ chỉ trong một ngày giảm, nghĩa là đồng hồ chạy chậm đi.

5. Với con lắc có chiều dài l_1: $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}} \Rightarrow T_1^2 = 4\pi^2\frac{l_1}{g}$

Với con lắc có chiều dài l_1: $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}} \Rightarrow T_2^2 = 4\pi^2\frac{l_2}{g}$

Chu kì của con lắc có chiều dài $l_1 + l_2$ là :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l_1 + l_2}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g} + \frac{l_2}{g}} \Rightarrow T^2 = 4\pi^2\frac{l_1 + l_2}{g} = T_1^2 + T_2^2$$

$$\Rightarrow T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2} = 1s.$$

6. Gọi t_1 và T_1 là nhiệt độ và chu kì của đồng hồ đang chạy nhanh; t_2 và T_2 là nhiệt độ và chu kì chạy đúng của đồng hồ trên.

Ta có : $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{l_0(1 + \alpha t_1)}{g}}$

$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}} = 2\pi\sqrt{\frac{l_0(1 + \alpha t_2)}{g}}$

Lập tỉ số : $\frac{T_2}{T_1} = \frac{\sqrt{1 + \alpha t_2}}{\sqrt{1 + \alpha t_1}} = (1 + \alpha t_2)^{-\frac{1}{2}}.(1 + \alpha t_1)^{-\frac{1}{2}}$

$\Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 1 + \frac{\alpha}{2}(t_2 - t_1)$ hay $\frac{T_2 - T_1}{T_1} = \frac{\alpha}{2}(t_2 - t_1)$

Trong một ngày, đồng hồ sai chỉ n_1(s), đồng hồ đúng chỉ n_2(s)

Ta có: $n_1T_1 = n_2T_2$

Cuối cùng suy được $t_2 = 25^0C$.

7. Gọi R, M, g lần lượt là bán kính, khối lượng và gia tốc trọng trường của Trái Đất, R_1, M_1, g_1 là các đại lượng tương ứng đối với Mặt Trăng. G là hằng số hấp dẫn.

Gia tốc trọng trường tại Trái Đất: $g = G\frac{M}{R^2}$.

Gia tốc trọng trường trên Mặt Trăng: $g_1 = G\frac{M_1}{R_1^2}$.

Lập tỉ số suy được: $g_1 = \frac{M_1}{M}\cdot\frac{R^2}{R_1^2}g = \frac{3,7^2}{81}g = 0,169g$

a) Tại Trái Đất và trên Mặt Trăng: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ và $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g_1}}$.

$$\Rightarrow \frac{T_1}{T} = \sqrt{\frac{g}{g_1}} = \sqrt{\frac{1}{0,169}} = 2,43 \Leftrightarrow T_1 = 2,43T.$$

Vậy, khi đưa con lắc từ Trái Đất lên Mặt Trăng thì chu kì dao động tăng 2,43 lần.

b) Để chu kì của con lắc trên Mặt Trăng bằng chu kì của nó trên Trái Đất thì:

$$2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g_1}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow l_1 = \frac{g_1}{g}l = 0{,}169l$$

Vậy trên Mặt Trăng phải rút ngắn độ dài con lắc đến $0{,}169l$ thì chu kì dao động mới bằng chu kì trên Trái Đất.

8. Khi thang máy đứng yên: $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgd}}$ (*)

Khi thang máy đi lên:

– Trọng lượng của con lắc: $mg + m\frac{1}{10}g = mg(1 + \frac{1}{10})$

– Gia tốc biểu kiến: $g' = g\left(1 + \frac{1}{10}\right)$.

– Chu kì dao động: $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mg'd}}$ (**)

Từ (*) và (**) $\Rightarrow T' = T\sqrt{\frac{g}{g'}} = T\sqrt{\frac{10}{11}} = 0{,}953T$.

Vậy, chu kì dao động của con lắc giảm từ giá trị T đến giá trị 0,953T.

9. Từ công thức: $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgd}} \Rightarrow$ mômen quán tính $I = \frac{T^2mgd}{4\pi^2}$

Thay số: $I = \frac{1^2.2.10.0{,}2}{4.3{,}14^2} = 0{,}1$ kg.m^2.

10. a) Mômen quán tính của quả nặng: $I_1 = Ml^2 = 1{,}2$ kg.m^2

Mômen quán tính của thanh kim loại:

$I_2 = \frac{1}{3}ml^2 = \frac{1}{3}.0{,}3.1{,}2^2 = 0{,}144$ kg.m^2.

Mômen quán tính của con lắc:

$I = I_1 + I_2 = 1{,}2 + 0{,}144 = 1{,}344$kg.m^2.

b) Chu kì dao động: $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{(M + m)gd}}$.

Thay số: $T = 2.3{,}14\sqrt{\frac{1{,}344}{(1 + 0{,}3).10.1{,}12}} = 1{,}91$s.

Bài 8-9 NĂNG LƯỢNG TRONG DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ. BÀI TẬP

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Sự bảo toàn cơ năng

Trong các con lắc mà ta đã xét ở chương này thì vật nặng chịu tác dụng của lực đàn hồi ($F = -kx$) hoặc trọng lực ($P = mg$) là các lực thế, do đó cơ năng của vật dao động được bảo toàn.

2. Biểu thức của thế năng, động năng và cơ năng

Xét vật nặng trong con lắc lò xo, vật dao động với tần số góc ω và biên độ A, li độ của vật là : $x = A\cos(\omega t + \varphi)$.

* Thế năng của vật: $W_t = \frac{1}{2}kx^2$. (Với $k = m\omega^2$)

Biểu thức của thế năng: $W_t = \frac{1}{2}m\omega^2A^2\cos^2(\omega t + \varphi)$

* Động năng của vật: $W_đ = \frac{1}{2}mv^2$

Vận tốc v của vật: $v = x' = -\omega A\sin(\omega t + \varphi)$

Biểu thức của động năng: $W_đ = \frac{1}{2}m\omega^2A^2\sin^2(\omega t + \varphi)$.

* Cơ năng W của vật nặng bằng tổng động năng và thế năng của vật:

$W = W_đ + W_t = \frac{1}{2}m\omega^2A^2$; với $k = m\omega^2$, ta có $W = \frac{1}{2}kA^2$.

Cơ năng tỉ lệ với bình phương biên độ A của dao động.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Hãy vẽ ba đường biểu diễn sự phụ thuộc của thế năng, động năng, cơ năng của vật nặng dao động điều hoà theo thời gian trên cùng một đồ thị. Nói rõ trong khoảng thời gian nào thì có sự chuyển hoá thế năng thành động năng và trong khoảng thời gian nào thì có sự chuyển hoá ngược lại.
2. Chứng tỏ cơ năng của vật dao động điều hoà bằng động năng của nó ở vị trí cân bằng và thế năng của nó khi li độ là cực đại.
3. Một vật dao động điều hòa với chu kì T. Hỏi động năng của dao động điều hoà nói trên biến đổi theo thời gian với chu kì bằng bao nhiêu?
4. Tìm biểu thức của thế năng, động năng và cơ năng của con lắc đơn ở một vị trí bất kì (li độ góc α) và thử lại rằng cơ năng không đổi trong chuyển động.
5. Một con lắc đơn gồm vật nặng m treo ở đầu sợi dây mảnh có chiều dài $l = 1$m tại nơi có gia tốc trọng trường $g = 10m/s^2$.

   Con lắc ở vị trí cân bằng. Ta cung cấp cho vật một tốc độ ban đầu $v = 5$cm/s theo phương ngang. Tìm góc lệch cực đại của con lắc khỏi vị trí cân bằng và viết phương trình dao động của con lắc theo li độ góc α và toạ độ s.

6. Một con lắc lò xo gồm một quả nặng có khối lượng 0,5kg gắn vào đầu một lò xo có độ cứng 50N/m. Người ta kéo quả nặng ra khỏi vị trí cân bằng một đoạn bằng 8cm và thả ra cho nó dao động. Chọn gốc thời gian vào lúc quả nặng đi qua vị trí cân bằng theo chiều dương.

a) Viết phương trình dao động của quả nặng.

b) Tìm giá trị cực đại của vận tốc quả nặng.

c) Tìm năng lượng của hệ.

7. Một con lắc đơn gồm vật nhỏ có khối lượng m = 3,6 kg, dây treo có độ dài $l = 1{,}5$m. Ban đầu, dây treo được kéo lệch khỏi phương thẳng đứng một góc $\alpha = 60^0$ và buông nhẹ cho dao động.

a) Xác định tốc độ của con lắc khi nó qua vị trí cân bằng và khi nó ở vị trí có li độ góc là 30^0.

b) Tính sức căng của dây treo khi vật đi qua vị trí cân bằng.

8. Một con lắc đơn gồm vật nặng có khối lượng m = 1,5kg, chiều dài dây treo $l = 1{,}8$m. Góc lệch cực đại của nó so với đường thẳng đứng là $\alpha = 10^0 = 0{,}175$ rad. Tính cơ năng của con lắc và tốc độ của quả nặng khi nó ở vị trí thấp nhất. Lấy $g = 10\text{m/s}^2$.

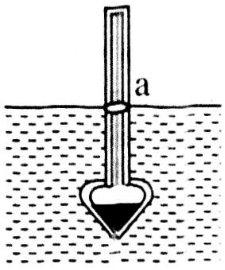
9. Điểm M dao động theo phương trình $x = 2{,}5\cos(10\pi t + \frac{\pi}{2})(\text{cm})$.

a) Vào thời điểm nào thì pha dao động đạt giá trị $\frac{5\pi}{6}$, lúc ấy độ li x bằng bao nhiêu?

b) Điểm M đi qua vị trí x = 1,25 cm vào những thời điểm nào? Phân biệt những lần đi qua theo chiều dương và theo chiều âm.

c) Tìm tốc độ trung bình của điểm M trong một chu kì dao động. Tốc độ trung bình $\overline{v}$ trong một chất điểm trong một khoảng thời gian Δt được định nghĩa bằng thương số giữa quãng đường đi được Δs (trong khoảng thời gian Δt) chia cho Δt: $\overline{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$.

10. Phù kế là dụng cụ để đo khối lượng riêng của chất lỏng. Đó là một ống thuỷ tinh rỗng, kín, phía dưới là một cái bầu (hình 12). Khi thả phù kế vào một chất lỏng, mực chất lỏng trong ống thuỷ tinh khi cân bằng cho biết khối lượng riêng của chất lỏng. Chứng tỏ rằng, một phù kế nổi trong một chất lỏng có thể dao động điều hoà theo phương thẳng đứng.



(Hình 12)

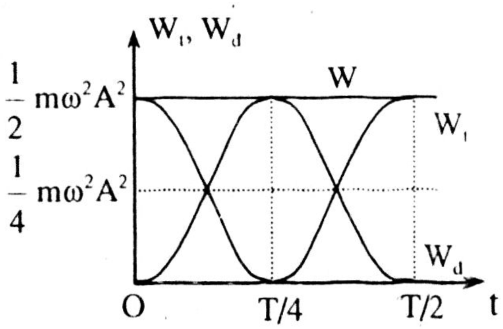
C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Để đơn giản ta xét pha ban đầu bằng 0.

– Biểu thức của thế năng:

$$W_t = \frac{1}{2}m\omega^2A^2\cos^2\omega t$$

– Biểu thức của động năng:



(Hình 13)

$W_đ = \frac{1}{2}m\omega^2A^2\sin^2\omega t$.

– Cơ năng $W = \frac{1}{2}m\omega^2A^2 = \text{const}$.

Đồ thị biểu diễn như hình 13.

2. Cơ năng của vật dao động điều hòa là: $W = \frac{1}{2}m\omega^2A^2$.

Tại vị trí có li độ cực đại x = ±A thì: $W_t = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2$.

Tại vị trí cân bằng vật có vận tốc cực đại: $v_{max} = \pm\omega A$ thì động năng:

$$W_đ = \frac{1}{2}mv^2_{max} = \frac{1}{2}m\omega^2A^2.$$

Rõ ràng là: cơ năng của vật dao động điều hoà bằng động năng của nó ở vị trí cân bằng và thế năng của nó khi li độ là cực đại.

3. Từ $W_đ = \frac{1}{2}m\omega^2A^2\sin^2(\omega t + \varphi)$, dùng $\sin^2 a = \frac{1-\cos 2a}{2}$ ta được:

$$W_đ = \frac{1}{4}m\omega^2A^2 + \frac{1}{4}m\omega^2A^2\cos(2\omega t + \varphi)$$

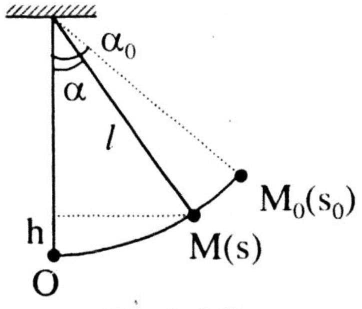
Chu kì biến thiên của động năng: $T' = \frac{2\pi}{2\omega} = \frac{T}{2}$.

4. Phương trình dao động của con lắc đơn có dạng: $s = s_0\cos(\omega t + \varphi)$.

* Thế năng W_t của con lắc đơn là thế năng của vật chịu tác dụng của trọng lực. Nếu chọn vị trí cân bằng O làm gốc thế năng thì thế năng khi vật ở vị trí M (hình 14) là :

$$W_t = mgh = mgl(1 - \cos\alpha).$$

Chú ý rằng: $1 - \cos\alpha = 2\sin^2\frac{\alpha}{2}$ và với α nhỏ thì $\sin\frac{\alpha}{2} \approx \frac{\alpha}{2}$.



(Hình 14)

Ta có : $W_t = 2\,mgl\sin^2\frac{\alpha}{2} \approx \frac{1}{2}mgl\alpha^2 = \frac{1}{2}m\frac{g}{l}s^2$, trong đó $s = l\alpha$ là độ dài đại số của cung OM.

* Tính động năng $W_đ$

$W_đ = \frac{1}{2}mv^2$ trong đó $v = s' = \omega s_0\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$

$$v^2 = \omega^2s_0^2\cos^2(\omega t + \frac{\pi}{2}) = \omega^2s_0^2\left[1 - \sin^2(\omega t + \frac{\pi}{2})\right] = \omega^2(s_0^2 - s^2)$$

$$\Rightarrow W_đ = \frac{1}{2}m\omega^2(s_0^2 - s^2)$$

* Chú ý $\omega^2 = \frac{g}{l}$, ta có : $W = W_t + W_đ = \frac{1}{2}m\omega^2 s_0^2 = \frac{1}{2}m\frac{g}{l}s_0^2$

với các góc α nhỏ, tức là với $s_0 << l$.

5. Động năng $E_đ$ của con lắc ở vị trí cân bằng: $E_đ = \frac{mv^2}{2}$

Khi con lắc đạt độ lệch cực đại, thế năng $E_t = mgl(1 - \cos\alpha_0)$.

$$E_đ = E_t \Leftrightarrow \frac{mv^2}{2} = mgl(1 - \cos\alpha_0)$$

$$\Rightarrow 1 - \cos\alpha_0 = \frac{v^2}{2gl} = \frac{(0{,}05)^2}{2 \cdot 10.1} = 0{,}000125$$

Vì $\cos\alpha \approx 1$ nên α_0 rất nhỏ, có thể tính α_0 gần đúng:

$$1 - \cos\alpha_0 = 2\sin^2\frac{\alpha_0}{2} \approx 2\left(\frac{\alpha_0}{2}\right)^2 = \frac{\alpha_0^2}{2}$$

$$\Rightarrow \alpha_0^2 = \frac{v^2}{gl} \text{ hay } \alpha_0 = \frac{v}{\sqrt{gl}} = \frac{0{,}05}{\sqrt{10.1}} = 0{,}016 \text{ rad.}$$

* Dạng phương trình dao động: $\alpha = \alpha_0\cos(\omega t + \varphi)$.

Tần số góc: $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} = \sqrt{10}$ rad/s.

Chọn t = 0 là lúc con lắc được truyền động năng ở vị trí cân bằng chiều dương là chiều của vận tốc ban đầu, ta có:

Khi t = 0 thì $\begin{cases} \alpha = 0 = \alpha_0\cos\varphi \\ v = 0{,}05 = -\omega\alpha_0\sin\varphi > 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{2}$.

Phương trình dao động: $\alpha = 0{,}016\cos(\sqrt{10}\,t - \frac{\pi}{2})$ rad.

Nếu viết theo toạ độ s thì: $s = s_0\cos(\sqrt{10}\,t - \frac{\pi}{2})$ m.

Với $s = \alpha l = 0{,}016$m, thì $s = 0{,}016\cos(\sqrt{10}\,t - \frac{\pi}{2})$ m.

6. a) Chọn chiều dương về phía kéo quả nặng lúc ban đầu.

Phương trình dao động có dạng: $x = A\cos(\omega t + \varphi)$.

Tần số góc: $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = 10$ rad/s.

Tại t = 0 ta có: $\begin{cases} x = 8 = A\cos\varphi \\ v = -\omega A\sin\varphi = 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi = 0$ và A = 8cm.

Phương trình dao động: $x = 8\cos 10t$ (cm).

b) Phương trình vận tốc: $v = -80\sin 10t$ (cm/s).

Tốc độ cực đại của vật là 80cm/s hay 0,8m/s.

c) Năng lượng: $E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}50\cdot(0{,}08)^2 = 0{,}16J$.

7. a) Chọn mốc thế năng tại VTCB.

Cơ năng tại biên (ứng với góc lệch α_0): $E_A = mgl.\cos\alpha_0$

Tại M ứng với góc lệch α bất kì, vật có vận tốc v và có cơ năng:

$E_M = mgh + \frac{mv^2}{2}$ hay $E_M = mgl.\cos\alpha + \frac{mv^2}{2}$

Cho $E_A = E_M \Rightarrow$ tốc độ $v = \sqrt{2gl(\cos\alpha - \cos\alpha_0)}$

– Khi qua vị trí cân bằng $\alpha = 0$, $\alpha_0 = 60^0 \Rightarrow v = \sqrt{gl} = 3{,}84$m/s.

– Khi góc lệch $\alpha = 30^0 \Rightarrow v = \sqrt{gl(\sqrt{3} - 1)} = 3{,}29$ m/s.

b) Tại vị trí ứng với góc lệch α: $T = mg(3\cos\alpha - 2\cos\alpha_0)$

– Tại vị trí cân bằng $\alpha = 0$: $T = mg\left(3 - 2.\frac{1}{2}\right) = 70{,}92N$.

8. Ở vị trí mà góc lệch cực đại thì cơ năng bằng thế năng:

$W = mgl\,(1 - \cos\alpha) = 1{,}5.10.1{,}8(1 - 0{,}9848) = 0{,}41J$.

Cơ năng bằng động năng ở vị trí thấp nhất: $W = \frac{1}{2}mv^2$

$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2W}{m}} = \sqrt{\frac{2.0{,}41}{1{,}5}} = 0{,}74$m/s.

9. a) Pha dao động bằng $\frac{5\pi}{6}$ tức là $10\pi t + \frac{\pi}{2} = \frac{5\pi}{6}$.

$\Rightarrow$ Thời gian : $t = \left(\frac{5\pi}{6} - \frac{\pi}{2}\right)\frac{1}{10\pi} = \frac{1}{30}s$

Tại $t = \frac{1}{30}s$ thì pha bằng $\frac{5\pi}{6} \Rightarrow x = 2{,}5\cos\frac{5\pi}{6} = -2{,}16cm$

b) Tại x = 1,25cm, thì pha $\Phi = 10\pi t + \frac{\pi}{2}$, cos = 0,5 $\Rightarrow \Phi = \pm\frac{\pi}{3} + 2k\pi$

Các thời điểm t tương ứng với giá trị trên của pha là:

$\Phi = 10\pi t + \frac{\pi}{2} = \pm\frac{\pi}{3} + 2k\pi \Rightarrow t = \frac{1}{10}\left(-\frac{1}{2} \pm \frac{1}{3}\right) + \frac{k}{5}$ (k là số nguyên).

Nếu phân biệt chi tiết :

* $\Phi = +\frac{\pi}{3}$ là lúc điểm M qua vị trí x = 1,25 cm theo chiều âm.

* $\Phi = -\frac{\pi}{3}$ ứng với lúc M qua vị trí x = 1,25 cm theo chiều dương.

Kí hiệu P là điểm có toạ độ x = 1,25 cm. Ta có:

– Thời điểm M qua P theo chiều dương : $t = -\frac{5}{60} + \frac{k}{5}(s)$

– Thời điểm M qua P theo chiều âm : $t = -\frac{1}{60} + \frac{k}{5}(s)$

Trong mỗi giây có 10 lần chất điểm M đi qua P, năm lần theo chiều dương, năm lần theo chiều âm.

c) Trong một chu kì $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{10\pi} = 0,2s$ quãng đường đi được bằng bốn lần biên độ: s = 4.2,5 = 10cm.

Tốc độ trung bình trong một chu kì dao động: $\overline{v} = \frac{s}{T} = \frac{10}{0,2} = 50cm/s.$

Chú ý: vận tốc trung bình của điểm M trong một chu kì dao động thì bằng không.

10. Xét một phù kế ở vị trí cân bằng trong một chất lỏng. Gọi m là khối lượng của phù kế, s là tiết diện phần ống của phù kế. Đánh dấu trên ống của phù kế vạch a ngang mức mặt thoáng của chất lỏng. Giả thiết chất lỏng chứa trong một bình có mặt để có thể coi mức của mặt thoáng chất lỏng không đổi (không phụ thuộc vào việc phù kế di chuyển đi lên hay đi xuống).

Giả thiết phù kế chuyển động theo phương thẳng đứng. Chọn trục toạ độ hướng lên theo phương thẳng đứng, gốc toạ độ là giao điểm của trục với mặt thoáng chất lỏng. Toạ độ z của vòng tròn a chính là li độ (độ dời tính từ vị trí cân bằng) của phù kế.

Có hai lực tác dụng lên phù kế : trọng lực của phù kế P = mg, thẳng đứng hướng xuống, lực đẩy Ác-si-mét hướng thẳng đứng lên trên. Ở vị trí cân bằng độ lớn của hai lực này bằng nhau. Ở vị trí có li độ z, độ lớn của lực đẩy Ác-si-mét giảm đi ρVg = ρszg còn độ lớn của trọng lực vẫn giữ nguyên. Hợp lực: F = –ρgsz. (có dấu trừ vì hợp lực ngược chiều với độ dời).

Nếu bỏ qua lực cản của nước đối với phù kế, thì áp dụng định luật II Niu-tơn, ta sẽ có : $mz'' - \rho gsz \Leftrightarrow z'' + \frac{\rho gs}{m}z = 0$. Đây là phương trình của dao động điều hoà với tần số góc $\omega = \sqrt{\frac{\rho gs}{m}}$.

Bài 10-11

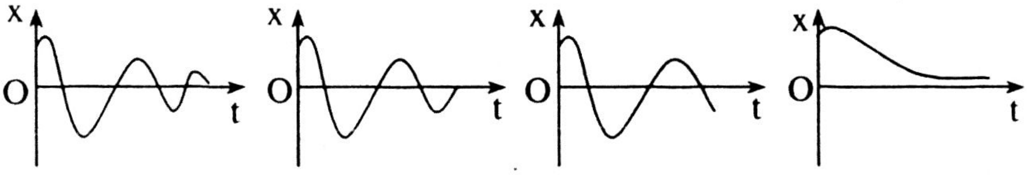
DAO ĐỘNG TẮT DẦN VÀ DAO ĐỘNG DUY TRÌ
DAO ĐỘNG CƯỠNG BỨC. CỘNG HƯỞNG

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Dao động tắt dần

Dao động tắt dần là dao động có biên độ giảm dần theo thời gian rồi dừng lại sau một thời gian nào đó.

Nếu dùng dao động kí ghi lại đồ thị li độ x của các trường hợp dao động tắt dần, ta sẽ thấy những dạng đồ thị như sau (hình 15):



(Hình 15)

2. Lập luận về dao động tắt dần

Lực cản của môi trường tác dụng lên vật luôn luôn sinh công âm làm giảm năng lượng của vật. Năng lượng giảm thì thế năng cực đại $\left(\frac{1}{2}kA^2\right)$ giảm, do đó biên độ A giảm, tức là dao động tắt dần.

Kết luận : Dao động tắt dần càng nhanh nếu môi trường càng nhớt tức là lực cản của môi trường càng lớn.

Lập luận nói trên có thể vận dụng cho mọi loại ma sát, bất kì loại ma sát nào cũng làm giảm cơ năng và làm tắt dần dao động.

3. Dao động duy trì

Nếu ta cung cấp thêm năng lượng cho vật dao động có ma sát để bù lại sự tiêu hao vì ma sát mà không làm thay đổi chu kì riêng của nó thì dao động kéo dài mãi mãi và gọi là dao động duy trì.

Có thể làm như sau: cứ mỗi chu kì ta tác dụng vào vật dao động trong một thời gian ngắn (bằng một cái hích chẳng hạn) một lực cùng chiều với chuyển động. Lực này sẽ truyền thêm năng lượng cho vật mà không làm thay đổi chu kì dao động của vật.

4. Dao động cưỡng bức

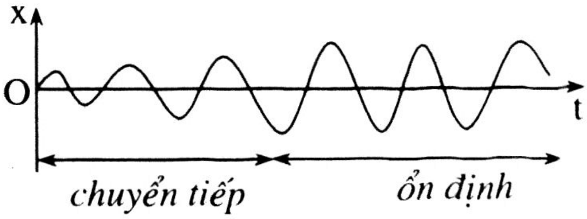
Xét một vật thuộc hệ dao động tắt dần chẳng hạn như vật nặng khối lượng m trong con lắc lò xo có độ cứng k đặt trong một môi trường có ma sát nhớt nhỏ.

Đại lượng $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ gọi là tần số góc riêng của hệ. Khi vật nặng đang đứng yên ở vị trí cân bằng, ta tác dụng lên vật một ngoại lực F biến đổi điều hoà theo thời gian $F = F_0 \cos\omega t$.

Người ta chứng minh được rằng, chuyển động của vật dưới tác dụng của ngoại lực nói trên bao gồm hai giai đoạn :

Giai đoạn chuyển tiếp là giai đoạn chưa ổn định, giá trị cực đại (biên độ) của li độ cứ tăng dần, cực đại sau lớn hơn cực đại trước. Sau đó, giá trị cực đại của li độ không thay đổi, đó là giai đoạn ổn định.

Giai đoạn ổn định kéo dài cho đến khi ngoại lực điều hoà thôi tác dụng. Đồ thị dao động như hình 16. Dao động của vật trong giai đoạn ổn định gọi là dao động cưỡng bức.



(Hình 16)

Lí thuyết và thí nghiệm chứng tỏ rằng:

– Dao động cưỡng bức là điều hoà (có dạng sin).

– Tần số góc của dao động cưỡng bức bằng tần số góc ω của ngoại lực.

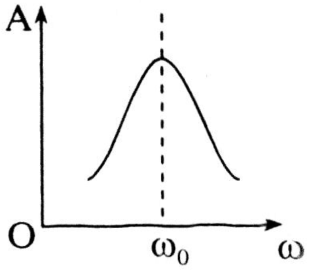
– Biên độ của dao động cưỡng bức tỉ lệ với biên độ F_0 của ngoại lực.

5. Cộng hưởng

Với một biên độ F_0 của ngoại lực đã cho, biên độ A của dao động cưỡng bức phụ thuộc vào tần số góc ω của ngoại lực. Sự phụ thuộc đó được biểu diễn bởi một đường cong trên đồ thị hình 17.

Trong đó, giá trị cực đại của biên độ A của dao động cưỡng bức đạt được khi tần số góc của ngoại lực bằng tần số góc riêng ω_0 của hệ dao động tắt dần.

Khi biên độ A dao động cưỡng bức đạt giá trị cực đại, người ta nói rằng có hiện tượng cộng hưởng.



(Hình 17)

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Trong dao động tắt dần, biên độ và vận tốc cực đại, đại lượng nào giảm nhanh hơn theo thời gian ?
2. Hai con lắc làm bằng hai hòn bi có bán kính bằng nhau, treo trên hai sợi dây có cùng độ dài. Khối lượng của hai hòn bi khác nhau. Hai con lắc cùng dao động trong một môi trường với li độ ban đầu như nhau và vận tốc ban đầu đều bằng 0. Dao động cuả con lắc nào tắt nhanh hơn: con lắc nặng hay con lắc nhẹ ?
3. Phân biệt dao động cưỡng bức với dao động duy trì.
4. Việc tạo nên dao động cưỡng bức khác với việc tạo nên dao động duy trì như thế nào ?
5. Trong lịch sử quân sự, có trường hợp khi một đoàn quân hành quân qua cầu đã làm cho cầu bị sập. Người ta tính rằng tổng trọng lượng đoàn quân nhỏ hơn nhiều lần so với tải trọng mà cầu có thể chịu được. Vậy điều gì đã làm cho cầu bị sập? Hãy giải thích.
6. Một con lắc lò xo đang dao động tắt dần. Người ta đo được độ giảm tương đối của biên độ trong ba chu kì đầu tiên là 8%. Hãy tính độ giảm tương đối của thế năng điều hòa tương ứng.
7. Một con lắc dao động tắt dần. Cứ sau mỗi chu kì, biên độ giảm 5%. Tìm phần năng lượng của con lắc bị mất đi trong một dao động.
8. Một xe ô tô chạy trên đường, cứ cách 8m lại có một cái mô nhỏ. Chu kì dao động tự do của khung xe trên các lò xo là 1,5s. Xe chạy với vận tốc nào thì bị rung mạnh nhất ?

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Trong dao động tắt dần, do có ma sát nên cơ năng giảm theo thời gian, biên độ và vận tốc cực đại cùng giảm như cơ năng, tức là hai đại lượng đó giảm như nhau theo thời gian.

2. Con lắc nhẹ hơn sẽ tắt dần nhanh hơn.

   Giải thích: Với cùng một góc lệch α ban đầu, con lắc nặng có cơ năng lớn hơn con lắc nhẹ, mặt khác, sự hao phí năng lượng do ma sát ở cả hai con lắc như nhau, kết quả là con lắc nặng nhờ có dự trữ năng lượng lớn hơn nên dao động lâu hơn, còn con lắc nhẹ sẽ tắt dần nhanh hơn.

3. – Dao động cưỡng bức là dao động xảy ra dưới tác dụng của ngoại lực tuần hoàn có tần số góc ω bất kì. Sau giai đoạn chuyển tiếp thì dao động cưỡng bức có tần số góc bằng tần số góc của ngoại lực.

   – Dao động duy trì cũng xảy ra dưới tác dụng của ngoại lực, nhưng ở đây ngoại lực được điều khiển để có tần số góc ω bằng tần số góc ω_0 của dao động tự do của hệ.

   – Dao động cưỡng bức khi cộng hưởng có điểm giống với dao động duy trì: cả hai đều có tần số góc bằng tần số góc riêng ω_0 của hệ dao động. Tuy vậy vẫn có sự khác nhau: dao động cưỡng bức gây nên bởi ngoại lực độc lập đối với hệ, còn dao động duy trì là dao động riêng của hệ được bù thêm năng lượng do một lực được điều khiển bởi chính dao động ấy qua một cơ cấu nào đó.

4. – Muốn tạo nên dao động cưỡng bức thì chỉ cần tác dụng ngoại lực biến đổi tuần hoàn theo thời gian lên vật dao động.

   – Muốn tạo nên dao động duy trì, cần có một cơ cấu để có ngoại lực tác dụng, cung cấp thêm năng lượng cho dao động bù lại sự tiêu hao vì ma sát, cơ cấu này hoạt động sao cho ngoại lực tác dụng theo nhịp điệu dao động tự do của hệ.

5. Nguyên nhân chính ở chỗ đoàn quân đã bước đều trên cầu.

   Khi bước đều, đoàn quân đã tạo ra một lực cưỡng bức tác dụng lên cầu làm cho cầu thực hiện dao động cưỡng bức. Khi tần số của lực cưỡng bức (do đoàn quân tạo ra) bằng đúng với tần số dao động riêng của cầu thì cầu sẽ dao động có biên độ cực đại (cộng hưởng). Chính điều này đã làm cho cầu bị sập.

6. Độ giảm tương đối:

$$\frac{x_{m0} - x_{m3}}{x_{m0}} = 8\% \Rightarrow \frac{x_{m3}}{x_{m0}} = 100\% - 8\% = 92\% = 0{,}92$$

   Độ giảm tương đối của thế năng:

$$\frac{\Delta W_t}{W_{t0}} = \frac{W_{t0} - W_{t3}}{W_{t0}} = 1 - \frac{W_{t3}}{W_{t0}} = 1 - \frac{x_{m3}^2}{x_{m0}^2} = 1 - 0{,}92^2 = 0{,}1536 = 15{,}36\%.$$

7. Gọi A là biên độ ban đầu ứng với cơ năng: $W = \frac{1}{2}kA^2$.

   Sau 1 chu kì, biên độ giảm 5% tức là con lắc dao động với biên độ là $A' = 95\%A = \frac{95}{100}A$.

Cơ năng tương ứng: $W' = \frac{1}{2}kA'^2 = \frac{1}{2}k(\frac{95}{100})^2 A^2 = (\frac{95}{100})^2 W$.

Phần cơ năng mất đi trong một dao động toàn phần:

$$\Delta W = W - W' = W - (\frac{95}{100})^2 W = \frac{100^2 - 95^2}{100^2} W = 9,75\% W.$$

8. Xe sẽ rung mạnh nhất khi tần số xóc bằng tần số dao động riêng của khung xe trên các lò xo, tức là có cộng hưởng xảy ra.

Gọi v là tốc độ của xe. Tần số xóc là $f = \frac{v}{8}$.

Tần số riêng của khung xe: $f_0 = \frac{1}{1,5}$.

Ta có: $\frac{v}{8} = \frac{1}{1,5} \Rightarrow v = \frac{8}{1,5} = 5,33\text{m/s} = 19,2\text{km/h}$.

Bài 12

TỔNG HỢP DAO ĐỘNG

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Vấn đề tổng hợp dao động

Có một máy nổ đặt trên bệ, pittông của máy chuyển động dao động so với khung máy, khung máy lại dao động so với bệ máy. Như vậy chuyển động của pittông so với bệ máy là tổng hợp hai dao động cơ học nói trên.

Nếu hai dao động cơ học được thực hiện theo cùng một phương thì li độ của chuyển động tổng hợp bằng tổng li độ của hai dao động hợp thành. Vậy, muốn tổng hợp hai dao động điều hoà cùng phương cần cộng hai hàm dạng sin. Sau đây ta xét quy tắc cộng trong trường hợp hai hàm có cùng tần số góc.

2. Tổng của hai hàm dạng sin cùng tần số góc. Cách vẽ Fre-nen

Cho hai hàm dạng sin $x_1 = A_1\cos(\omega t + \varphi_1)$ và $x_2 = A_2\cos(\omega t + \varphi_2)$.

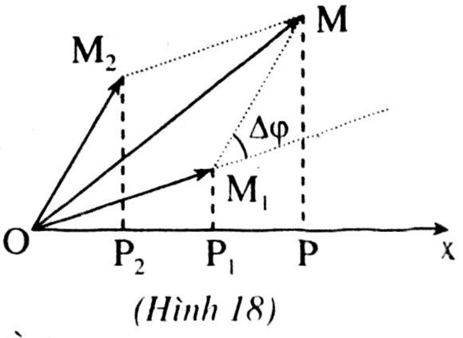
Tổng của chúng là $x = x_1 + x_2$ xác định bằng cách vẽ Fre-nen như sau:

Vẽ vectơ quay $\overrightarrow{OM_1}$ biểu diễn dao động điều hoà x_1 và $\overrightarrow{OM_2}$ và biểu diễn x_2 vào thời điểm t = 0.

$\overrightarrow{OM_1}$ có độ dài A_1 và hợp với trục x góc φ_1.

$\overrightarrow{OM_2}$ có độ dài A_2 và hợp với trục x góc φ_2.

Vẽ hình bình hành mà hai cạnh là $\overrightarrow{OM_1}$ và $\overrightarrow{OM_2}$, đường chéo $\overrightarrow{OM}$ của hình bình hành là tổng vectơ $\overrightarrow{OM_1}$ và $\overrightarrow{OM_2}$ (hình 18)



(Hình 18)

$\overrightarrow{OM}$ chính là vectơ quay biểu diễn tổng của x_1 và x_2.

Góc ở đỉnh O của hình bình hành vào thời điểm t = 0 bằng hiệu số pha ban đầu $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ của hai dao động x_1 và x_2.

Hai vectơ quay $\overrightarrow{OM_1}$ và $\overrightarrow{OM_2}$ quay đều quanh O với cùng vận tốc góc ω, góc giữa hai vectơ này không đổi và hình bình hành có cạnh OM_1 và OM_2 cũng không biến dạng, hình này chỉ quay đều quanh O với vận tốc góc ω như hai cạnh của nó.

Vectơ $\overrightarrow{OM}$ biểu diễn dao động tổng hợp x là đường chéo của hình bình hành, vectơ này cũng quay đều quanh O với vận tốc góc ω.

3. Biên độ và pha ban đầu của dao động tổng hợp

Độ dài của vectơ quay $\overrightarrow{OM}$ chính là biên độ A của dao động tổng hợp x, còn góc $\varphi = (Ox, \overrightarrow{OM})$ chính là pha ban đầu.

Biên độ: $A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$

Pha ban đầu tính bởi: $\tan\varphi = \dfrac{A_1\sin\varphi_1 + A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1 + A_2\cos\varphi_2}$.

Biểu thức của dao động tổng hợp là: $x = A\cos(\omega t + \varphi)$.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Nêu rõ vai trò của độ lệch pha khi tổng hợp hai dao động điều hoà cùng phương và cùng tần số góc.
2. Hai dao động cơ học điều hoà cùng phương, cùng tần số góc ω = 50rad/s, có biên độ lần lượt là 100mm và 173mm, dao động thứ hai trễ pha $\frac{\pi}{2}$ so với dao động thứ nhất. Xác định dao động tổng hợp.
3. Dùng công thức lượng giác (tổng của hai cosin) tìm tổng hợp của hai dao động điều hoà cùng phương, cùng tần số góc ω, cùng biên độ A và có độ lệch pha Δφ. Đối chiếu với kết quả nhận được bằng cách dùng cách vẽ Fre-nen.
4. Hai dao động điều hoà cùng phương, có phương trình lần lượt là

   $x_1 = 3\cos 4t$ (cm) và $x_2 = 4\cos(4t - \frac{\pi}{2})$ (cm)

   Tìm dao động tổng hợp của hai dao động này.
5. Cho hai dao động điều hòa cùng phương, cùng tần số f = 5Hz có các biên độ $A_1 = 2a$ (cm) và $A_2 = a$ (cm) và $\varphi_1 = \frac{\pi}{3}$ và $\varphi_2 = \pi$.

   a) Viết các phương trình của hai dao động đó.

   b) Tính biên độ, pha ban đầu và viết phương trình của dao động tổng hợp.
6. Một chất điểm chuyển động theo phương trình sau:

   $$x = 5\sin(10t + \frac{\pi}{6}) + 5\sin(10t + \frac{\pi}{2}) \text{ (cm)}$$

   Hãy xác định biên độ tần số và pha ban đầu của dao động? Viết phương trình dao động tổng hợp.
7. Tìm phương trình dao động tổng hợp của hai dao động điều hòa cùng phương, cùng tần số sau: $x_1 = 6\cos 8\pi t$ (cm) và $x_2 = 4\cos(8\pi t - \frac{\pi}{2})$.

8. Dao động tổng hợp của hai dao động điều hòa cùng phương có biểu thức $x = 8{,}7\cos(6\pi t + \frac{\pi}{2})$ (cm). Biết biểu thức của dao động thứ nhất có phương trình là $x_1 = 5\cos(6\pi t + \frac{\pi}{3})$ cm), tìm phương trình dao động thứ hai.

9. Cho hai dao động điều hòa cùng phương, cùng tần số góc 4πrad/s, có biên độ lần lượt là 2cm và 4cm, có pha ban đầu lần lượt là $\frac{\pi}{6}$ và $\frac{\pi}{2}$ (rad). Tìm phương trình dao động tổng hợp của hai dao động trên.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Trong tổng hợp hai dao động điều hoà cùng phương và cùng tần số góc, biên độ A của dao động tổng hợp phụ thuộc vào các biên độ A_1, A_2 và độ lệch pha của các dao động thành phần.

– Biên độ A có giá trị lớn nhất khi độ lệch pha $\varphi_2 - \varphi_1 = 0$ (x_1 và x_2 cùng pha): $A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2$ hay $A = A_1 + A_2$

– Biên độ A có giá trị nhỏ nhất khi $\varphi_2 - \varphi_1 = \pi$ (x_1 và x_2 ngược pha):

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 - 2A_1A_2 \text{ hay } A = |A_1 - A_2|.$$

– Nếu hai dao động thành phần có độ lệch pha bằng $\frac{\pi}{2}$ thì biên độ dao động tổng hợp là $A = A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2}$.

2. Giả sử dao động thứ nhất có phương trình $x_1 = 0{,}1\cos 50t$ (m) thì dao động thứ hai có phương trình $x_2 = 0{,}173\cos(50t - \frac{\pi}{2})$(m).

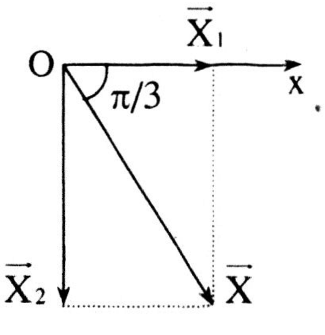
Các vectơ biểu diễn x_1 và x_2 như hình 19.

Dao động tổng hợp có:

– Biên độ $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2}$

$A = \sqrt{0{,}1^2 + 0{,}173^2} = 0{,}2$m.

– Pha ban đầu: $\tan\varphi = \frac{A_2}{A_1} = \frac{0{,}173}{0{,}1} = \sqrt{3} \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{3}$.



(Hình 19)

Phương trình dao động tổng hợp: $x = 0{,}2\cos(50t - \frac{\pi}{3})$ (m).

3. Giả sử cần tổng hợp hai dao động có phương trình:

$$x_1 = A\cos(\omega t + \varphi_1) \text{ và } x_2 = A\cos(\omega t + \varphi_2)$$

* Dùng công thức lượng giác: $\cos a + \cos b = 2\cos(\frac{a+b}{2})\cos(\frac{a-b}{2})$.

$x = x_1 + x_2 = A.2\cos(\omega t + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2})\cos(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2})$.

Đặt $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ ta được $x = 2A\cos\frac{\Delta\varphi}{2}\cos(\omega t + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2})$

* Dùng phương pháp vẽ Fre-nen:

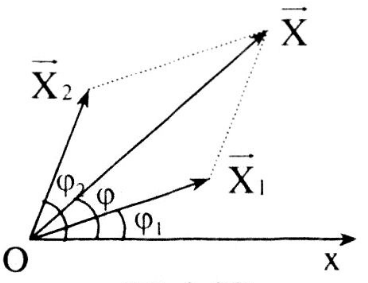
Vẽ các vectơ $\vec{X_1}$ và $\vec{X_2}$ biểu diễn các dao động x_1 và x_2 như hình 20.

Theo giản đồ vectơ ta có:

– Biên độ $A_0 = A.2\cos(\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2})$

Hay $A_0 = 2A\cos\frac{\Delta\varphi}{2}$.

– Pha ban đầu của dao động tổng hợp bằng đúng $\frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$.



(Hình 20)

Vậy hai cách tổng hợp dao động cho kết quả như nhau.

4. Dùng phương pháp tổng hợp dao động điều hòa bằng giản đồ vectơ Fre-nen ta tìm được: $A = 5\text{cm}$; $\varphi = -0{,}94\text{rad}$.

Phương trình dao động tổng hợp: $x = 5\cos(4t - 0{,}94)$ (cm).

5. a) Tần số góc: $\omega = 2\pi f = 10\pi$ rad/s.

Các phương trình: $x_1 = 2a\cos(10\pi t + \frac{\pi}{3})$ cm và $x_2 = a\cos(10\pi t + \pi)$ cm

Dùng phương pháp Fre-nen $\Rightarrow x = a\sqrt{3}\cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ (cm)

6. Biên độ : $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1)} = 5\sqrt{3}$ cm.

Pha ban đầu: $\tan\varphi = \frac{A_1\sin\varphi_1 + A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1 + A_2\cos\varphi_2} \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{3}$.

Phương trình dao động: $x = 5\sqrt{3}\sin(10t + \frac{\pi}{3})$ cm.

7. Dùng phương pháp giản đồ véctơ Fre-nen ta tìm được các đại lượng của dao động tổng hợp:

– Biên độ: $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2} = \sqrt{36 + 16} = 7{,}2$ cm.

– Pha ban đầu: $\tan\varphi = -\frac{4}{6} \Rightarrow \varphi = -0{,}587\text{rad}$.

Phương trình dao động tổng hợp: $x = 7{,}2\cos(8\pi t - 0{,}587)$ (cm).

8. Dao động thứ hai có biểu thức: $x_2 = 5\cos(6\pi t + \frac{2\pi}{3})$ (cm).

9. Các phương trình dao động thành phần:

$$x_1 = 2\cos(4\pi t + \frac{\pi}{6}) \text{ (cm) và } x_2 = 4\cos(4\pi t + \frac{\pi}{2}) \text{ (cm)}.$$

Dùng phương pháp tổng hợp dao động Fre-nen tìm được phương trình dao động tổng hợp: $x = 5{,}3\cos(4\pi t + 1{,}2)$ (cm).

CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM ÔN TẬP CUỐI CHƯƠNG

1. Một con lắc lò xo gồm lò xo có độ cứng k và vật nặng có khối lượng m dao động theo phương trình $x = A\cos(\omega t + \varphi)$. Thông tin nào sau đây là **sai**?

A. Với một biên độ xác định, pha $(\omega t + \varphi)$ xác định li độ x của dao động.

B. Tần số góc ω tính bởi biểu thức $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$.

C. Pha ban đầu φ luôn có giá trị khác không.

D. Giá trị cực đại của li độ là $x_{max} = A$.

2. Chuyển động của một vật được coi là dao động điều hoà nếu:

A. li độ biến thiên theo quy luật hàm dạng sin theo thời gian.

B. chu kì dao động của vật là một hằng số.

C. vận tốc của vật liên tục biến đổi nhanh dần đều và chậm dần đều.

D. vật luôn chuyển động qua lại quanh một vị trí cân bằng.

3. Một con lắc lò xo dao động điều hoà với biên độ A, sau thời gian đúng bằng một chu kì, thì:

A. vật đi qược quãng đường bằng 2A.

B. vận tốc đổi hướng một lần.

C. li độ của vật thay đổi một lượng bằng 4A.

D. vật lặp lại quá trình dao động như cũ.

4. Một con lắc lò xo dao động điều hoà với biên độ A và chu kì T. Thông tin nào sau đây là **sai**?

A. Trong thời gian T, pha dao động biến thiên một lượng bằng $\frac{\pi}{2}$.

B. Trong thời gian T, vận tốc của vật có giá trị không thay đổi.

C. Cứ sau mỗi thời gian T, quá trình dao động của vật lại lặp lại như cũ.

D. Trong thời gian bằng 2T, vật đi được quãng đường bằng 8A.

5. Một vật dao động điều hoà, tại tời điểm t_1 li độ của vật là x_1, 2 giây sau thì li độ của vật cũng có giá trị x_1 và chuyển động theo chiều cũ . Thông tin nào sau đây là **đúng**?

A. Giá trị li độ là $x_1 = 4A$.

B. Chu kì dao động của vật là 2s.

C. Trong 2 giây đó, vật đi được quãng đường bằng 2A.

D. Tần số dao động của vật là 2Hz.

6. Một vật dao động điều hoà với biện độ A, tại thời điểm t = 0 vật ở vị trí cân bằng, trong 2s vật đi được quãng đường bằng 4A. Thông tin nào sau đây là **đúng**?

A. Chu kì dao động của vật là 2s.

B. Tần số dao động của vật là 2Hz.

C. Tại thời điểm t = 1s vật có li độ x = A.

D. Tại thời điểm t = 1s vận tốc của vật có giá trị nhỏ nhất.

7. Một vật dao động điều hoà có vận tốc biến thiên theo thời gian theo hàm số $v = \omega A\cos\omega t$. Kết luận nào sau đây là **sai**?

A. Phương trình dao động có dạng $x = A\sin\omega t$.

B. Khi $t = \frac{T}{4}$ vật có li độ $x = -A$.

C. Gốc thời gian là lúc vật qua vị trí cân bằng theo chiều dương.

D. Gia tốc của vật xác định bởi biểu thức $a = -\omega^2 A\sin\omega t$.

8. Một con lắc lò xo dao động điều hoà với chu kì T = 2s, biên độ 2,8cm. Chọn gốc thời gian là lúc vật qua vị trí biên x = +A. Phương trình dao động của vật là:

A. $x = 2{,}8\cos(\pi t + \pi)$ (cm).
B. $x = 2{,}8\cos\frac{\pi}{2}t$ (cm).

C. $x = 2{,}8\cos(\pi t - \pi)$ (cm).
D. $x = 2{,}8\cos\pi t$ (cm).

9. Một con lắc đơn dao động điều hoà tại nơi có gia tốc trọng trường g. Nếu chiều dài dây treo giảm 4 lần thì chu kì dao động sẽ:

A. tăng 4 lần.
B. giảm 4 lần.
C. tăng 2 lần.
D. giảm 2 lần.

10. Một con lắc đơn dao động điều hoà tại nơi có gia tốc trọng trường g. Nếu dây treo con lắc được nối thêm một đoạn gấp 3 lần chiều dài dây treo ban đầu thì chu kì dao động sẽ:

A. tăng $\sqrt{2}$ lần.
B. giảm $\sqrt{3}$ lần.

C. tăng 2 lần.
D. giảm 3 lần.

11. Dao động của hệ được coi là dao động tự do khi dao động của hệ:

A. diễn ra trong điều kiện không có ma sát.

B. chỉ xảy ra dưới tác dụng của nội lực.

C. không phụ thuộc vào độ lớn của trọng lực tác dụng lên vật.

D. chỉ xảy ra dưới tác dụng của lực đàn hồi.

12. Đại lượng nào sau đây phụ thuộc vào khối lượng của vật nặng?

A. Lực hồi phục trong con lắc lò xo.
B. Lực hồi phục trong con lắc đơn.

C. Tần số góc riêng của con lắc đơn.
D. Gia tốc của vật trong con lắc đơn.

13. Một vật dao động điều hoà với tần số góc ω thì thế năng của nó biến thiên tuần hoàn với tần số góc là:

A. 2ω.
B. ω.
C. 4ω.
D. $\sqrt{2}\,\omega$.

14. Cho con lắc gồm lò xo treo thẳng đứng. Kéo vật xuống dưới vị trí cân bằng một đoạn x_0 rồi cung cấp cho vật một vận tốc ban đầu v_0 hướng thẳng đứng lên trên. Vật sẽ dao động điều hoà với tần số góc ω và biên độ là:

A. $A = \sqrt{x_0 + \frac{v_0}{\omega}}$.
B. $A = \sqrt{x_0^2 + \frac{v_0^2}{\omega^2}}$.

C. $A = x_0^2 + \frac{v_0^2}{\omega^2}$.
D. $A = \sqrt{\omega^2 x_0^2 + v_0^2}$.

15. Một con lắc gồm lò xo dao động điều hoà với tần số góc ω và biên độ A. Tại vị trí có li độ x, vận tốc của vật xác định bởi biểu thức:

A. $v = \sqrt{A^2 - \frac{x^2}{\omega^2}}$.
B. $v = \sqrt{\frac{A^2}{\omega^2} - x^2}$.

C. $v = \sqrt{\omega^2(A^2 - x^2)}$
D. $v = \omega^2\sqrt{A^2 - x^2}$.

16. Một vật dao động tắt dần, nếu trong khoảng thời gian Δt cơ năng của hệ giảm đi 9 lần thì biên độ dao động giảm:

A. 3 lần. B. 9 lần. C. 4,5 lần. D. 18 lần.

17. Nếu bỏ qua lực cản thì một con lắc lò xo dao động điều hoà với tần số góc riêng ω_0. Trong môi trường có hệ số lực cản η, con lắc dao động theo phương trình $x = A_0e^{-\frac{\eta}{2m}t}\sin(\omega t + \varphi)$, trong đó tần số góc $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{\eta^2}{4m^2}}$, m là khối lượng của con lắc, A_0 và φ xác định bởi các điều kiện ban đầu. Kết luận nào sau đây là **đúng**?

A. Con lắc có khối lượng càng nhỏ thì biên độ giảm càng nhanh.

B. Biên độ dao động giảm dần tỉ lệ thuận với hệ số lực cản η.

C. Hệ số lực cản η càng nhỏ thì tần số góc riêng của hệ càng lớn.

D. Hệ số lực cản η càng nhỏ thì thời gian dao động càng ngắn.

18. Một con lắc lò xo gồm lò xo có độ cứng k và vật nặng có khối lượng m dao động điều hoà với biên độ A dưới tác dụng của ngoại lực tuần hoàn $F = F_0\cos\omega t$. Kết luận nào sau đây là **đúng**?

A. Vật dao động điều hoà với tần số góc ω.

B. $A = F_0$.

C. Phương trình dao động của con lắc là $x = A\cos\sqrt{\frac{k}{m}}t$.

D. Biểu thức gia tốc của vật là $v = -\omega^2F_0\sin\omega t$.

19. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Dao động tự do xảy ra chỉ dưới tác dụng của nội lực và có tần số xác định.

B. Khi có ma sát, dao động cưỡng bức dao động điều hoà với tần số góc riêng của hệ.

C. Khi có ma sát thì dao động tự do sẽ tắt dần.

D. Dao động cưỡng bức xảy ra dưới tác dụng của ngoại lực tuần hoàn và có tần số bằng tần số của ngoại lực.

20. Đặc điểm nào sau đây **không đúng** với dao động cưỡng bức?

A. Tần số của dao động luôn có giá trị bằng tần số của ngoại lực.

B. Biên độ dao động giảm dần theo quy luật hàm số mũ đối với thời gian.

C. Biên độ dao động đạt cực đại khi tần số góc của ngoại lực bằng tần số góc riêng của hệ dao động tắt dần.

D. Biên độ dao động phụ thuộc vào tần số góc của ngoại lực.

HƯỚNG DẪN TRẢ LỜI

1. Thông tin sai: Pha ban đầu φ luôn có giá trị khác không. **Chọn C**
2. Chuyển động của một vật được coi là dao động điều hoà nếu li độ biến thiên theo quy luật hàm dạng sin theo thời gian. **Chọn A**
3. Sau thời gian đúng bằng một chu kì, thì vật lặp lại quá trình dao động như cũ **Chọn D**

4. Thông tin sai: Trong thời gian T, vận tốc của vật có giá trị không thay đổi. Chú ý, cần hiểu là sau thời gian T, giá trị của vận tốc sẽ trở lại bằng với giá trị ban đầu, còn trong thời gian T thì vận tốc của vật luôn biến thiên. **Chọn B**
5. Thông tin đúng: Chu kì dao động của vật là 2s. **Chọn B**
6. Thông tin đúng: Chu kì dao động của vật là 2s. **Chọn A**
7. Kết luận sai: Khi $t = \frac{T}{4}$ vật có li độ $x = -A$. Chú ý rằng khi $t = \frac{T}{4}$ thì li độ

   $x = A\sin\frac{2\pi}{T}\frac{T}{4} = A\sin\frac{\pi}{2} = A$. **Chọn B**
8. Phương trình dao động của vật là $x = 2{,}8\cos\pi t$ (cm). **Chọn D**
9. Chu kì dao động sẽ giảm 2 lần. **Chọn D**
10. Chu kì dao động sẽ tăng 2 lần. **Chọn C**
11. Dao động của hệ được coi là dao động tự do khi dao động của hệ chỉ xảy ra dưới tác dụng của nội lực. **Chọn B**
12. Lực hồi phục trong con lắc đơn ($F = -m\frac{g}{l}s$) phụ thuộc vào khối lượng của vật nặng. **Chọn B**
13. Khi một vật dao động điều hoà với tần số góc ω thì thế năng của nó biến thiên theo hàm dạng sin với tần số góc là 2ω.

    Từ $x = A\cos(\omega t + \varphi)$, với $W_t = \frac{1}{2}kx^2$ và $\cos^2 a = \frac{1 + \cos 2a}{2}$ suy được

    $W_t = \frac{1}{4}m\omega^2A^2 + \frac{1}{4}m\omega^2A^2\cos(2\omega t + 2\varphi)$. **Chọn A**
14. Biên độ là $A = \sqrt{x_0^2 + \frac{v_0^2}{\omega^2}}$. Chú ý rằng, vì cơ năng bảo toàn nên ta có

    $\frac{1}{2}kx_0^2 + \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}kA^2 \Rightarrow A = \sqrt{x_0^2 + \frac{v_0^2}{\omega^2}}$. **Chọn B**
15. Tại vị trí có li độ x, vận tốc của vật: $v = \sqrt{\omega^2(A^2 - x^2)}$.

    Chú ý rằng, tại vị trí có li độ x thì $\frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}kA^2$

    $\Rightarrow v = \sqrt{\omega^2(A^2 - x^2)}$. **Chọn C**
16. Biên độ dao động giảm 3 lần. **Chọn A**
17. Kết luận đúng: Con lắc có khối lượng càng nhỏ thì biên độ giảm càng nhanh. **Chọn A**
18. Kết luận đúng: Vật dao động điều hoà với tần số góc ω. **Chọn A**
19. Câu sai: Khi có ma sát, dao động cưỡng bức dao động điều hoà với tần số góc riêng của hệ. **Chọn B**
20. Đặc điểm không đúng với dao động cưỡng bức: Biên độ dao động giảm dần theo quy luật hàm số mũ đối với thời gian. **Chọn B**

Chương III. SÓNG CƠ

Bài 14 SÓNG CƠ. PHƯƠNG TRÌNH SÓNG

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Hiện tượng sóng

Sóng cơ học là những dao động cơ học lan truyền trong một môi trường liên tục.

– Khi các phần tử của sóng dao động theo phương vuông góc với phương truyền sóng thì đó là sóng ngang.

– Khi các phần tử của sóng dao động theo phương trùng với phương truyền sóng thì đó là sóng dọc.

2. Những đại lượng đặc trưng của chuyển động sóng

a) Chu kì, tần số sóng

Tất cả các phần tử của sóng đều dao động với cùng chu kì và tần số, gọi là chu kì và tần số của sóng.

b) Biên độ sóng

Biên độ sóng tại mỗi điểm trong không gian là biên độ dao động của phần tử môi trường tại điểm đó.

c) Bước sóng

Quãng đường mà sóng truyền đi được trong một chu kì dao động gọi là một bước sóng (λ).

Bước sóng là khoảng cách giữa hai điểm gần nhau nhất của sóng có dao động cùng pha.

d) Tốc độ truyền sóng

Trong thời gian bằng một chu kì, sóng truyền đi được một khoảng bằng một bước sóng λ. Tốc độ truyền sóng là : $v = \frac{\lambda}{T} = f\lambda$.

e) Năng lượng sóng

Sóng truyền dao động cho các phần tử của môi trường, nghĩa là truyền cho chúng năng lượng. Quá trình truyền sóng là quá trình truyền năng lượng.

3. Phương trình sóng

Xét một sóng ngang truyền dọc theo một đường thẳng Ox. Lấy đường truyền sóng là trục x, chiều dương của trục là chiều truyền sóng. Chọn gốc tọa độ O là điểm bắt đầu truyền dao động (t = 0).

– Giả sử dao động của phần tử O là điều hoà, li độ s biến thiên theo hàm:

$u_0(t) = A\cos\omega t = A\cos\frac{2\pi}{T}t$ (với $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$)

– Li độ u_M của M ở thời điểm t là: $u_M(t) = A\cos\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right]$ (*)

Công thức (*) và các dạng tương đương gọi là phương trình sóng.

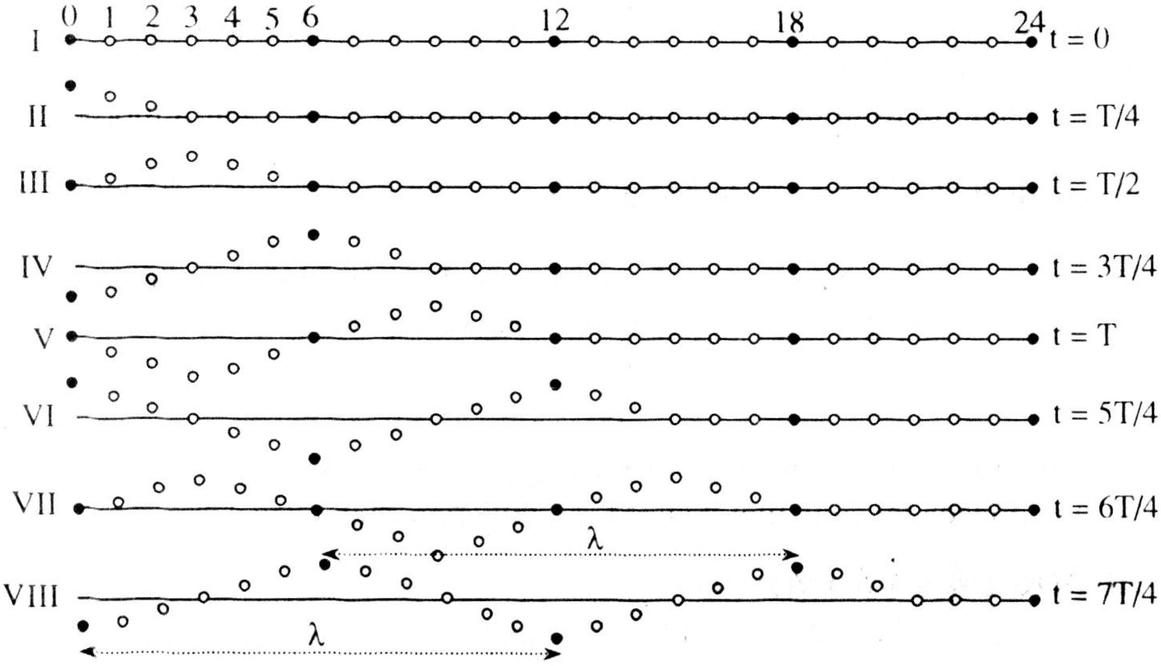
Tính tuần hoàn theo thời gian và theo không gian

– Chuyển động của một điểm P trên phương truyền sóng là một dao động tuần hoàn theo thời gian với chu kì $T = \frac{2\pi}{\omega}$.

– Những điểm cách nhau một khoảng bằng một bước sóng thì có cùng li độ.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Hình vẽ 21 mô tả sự hình thành của một sóng cơ. Phân tích dao động của một số điểm trên hình để chứng tỏ rằng các phần tử càng ở càng xa tâm thì dao động càng trễ pha hơn.



(Hình 21)

2. Hãy dùng phương trình sóng để suy ra sóng có tính tuần hoàn theo thời gian và tuần hoàn theo không gian.
3. Một dao động điều hòa tần số 140Hz truyền trong không khí theo một phương với tốc độ 340m/s. Tính khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm có dao động cùng pha; có dao động ngược pha.
4. Một sóng ngang có phương trình $u = 6\cos(4\pi t + 0{,}02\pi x)$ (cm,s).

   Hãy xác định biên độ; bước sóng; tần số; tốc độ truyền sóng và độ dời u tại x = 16,6 cm lúc t = 4s.
5. Trong một thí nghiệm về sóng nước, nguồn sóng dao động với tần số 50Hz. Ở một thời điểm t, người ta đo được đường kính 5 gợn sóng liên tiếp, lần lượt bằng: 12,4; 14,3; 16,35; 18,3 và 20,45cm. Tính tốc độ truyền sóng.
6. Một âm thoa ở đầu có gắn một mũi nhọn, mũi này tiếp xúc nhẹ với mặt một chất lỏng. Gõ nhẹ cho âm thoa rung động, thì thấy khoảng cách từ gợn sóng sát mũi nhọn đến gợn thứ 10 ở xa mũi nhọn hơn là 2cm. Tần số của âm thoa là 100Hz. Tính tốc độ truyền sóng.
7. Một sợi dây mềm đàn hồi nằm ngang có đầu A gắn với một điểm dao động có biên độ 5cm và chu kì 2s, phương dao động vuông góc với phương của sợi dây. Vận tốc truyền biến dạng dọc theo dây là 2m/s.

a) Viết phương trình dao động của điểm A.

b) Viết phương trình dao động của các điểm M_1, M_2 và M_3 ở trên dây cách A lần lượt $\frac{2}{3}$m, 2m, 4m. So sánh dao động của các điểm ấy với dao động của điểm A ở đầu của sợi dây.

c) Tính bước sóng trên dây.

Bỏ qua mọi ma sát và biết rằng chiều dài của sợi dây lớn hơn 4m.

8. Một mũi nhọn S được gắn vào đầu A của một lá thép nằm ngang và chạm vào mặt nước. Khi lá thép dao động với tần số f = 120Hz, S tạo ra trên mặt nước một sóng có biên độ 0,6cm, biết rằng khoảng cách giữa 9 gợn lồi liên tiếp là 4cm.

a) Tính tốc độ truyền sóng trên mặt nước.

b) Viết phương trình dao động tại điểm M trên mặt nước cách S một khoảng d = 12 cm.

c) Xác định khoảng cách giữa hai điểm trên phương truyền sóng mà tại đó dao động là cùng pha.

9. Một sóng cơ học truyền trong một môi trường đàn hồi. Mọi chất điểm của môi trường trên phương truyền sóng đều dao động theo phương trình :

$$x = 8\sin(\frac{\pi}{3}t + \varphi) \quad (cm)$$

a) Tính bước sóng λ. Cho biết vận tốc truyền sóng v = 50 cm/s.

b) Tính độ lệch tại cùng một điểm M sau thời gian cách nhau 1s.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Giữa các phần tử có lực đàn hồi liên kết chúng.

Truyền cho phần tử 0 một dao động theo phương thẳng đứng có chu kì T. Ở thời điểm ban đầu t = 0, tất cả các phần tử của dây đều đứng yên ở vị trí I.

– Trong khoảng thời gian $t = \frac{T}{4}$, phần tử 0 chuyển động từ vị trí cân bằng lên vị trí cao nhất. Trong khi đó, lực liên kết đàn hồi kéo phần tử 1 chuyển động theo, nhưng chuyển động sau một chút. Cũng như thế, chuyển động được truyền đến phần tử thứ 2, sau phần tử 1 một chút. Dây có vị trí II.

– Phần tử 0 tiếp tục thực hiện dao động và dao động này lần lượt được truyền cho các phần tử tiếp theo của dây. Các phần tử này thực hiện dao động cùng tần số, cùng biên độ với phần tử 0 nhưng trễ pha hơn.

– Kết luận: sóng cơ học được tạo thành nhờ lực liên kết đàn hồi giữa các phần tử của môi trường truyền dao động đi, và các phần tử càng ở xa tâm dao động càng trễ pha hơn.

Môi trường nào có lực đàn hồi xuất hiện khi bị biến dạng lệch thì truyền sóng ngang (như mặt nước, sợi dây đàn hồi, tấm kim loại mỏng v.v...), nếu có lực đàn hồi xuất hiện khi có biến dạng nén, dãn thì truyền sóng dọc, ví dụ như không khí, chất lỏng, dây lò xo bị nén - dãn.

2. Giả sử nguồn O phát ra sóng có phương trình: $u_O(t) = A\cos\frac{2\pi}{T}t$ (*)

* Tính tuần hoàn theo thời gian.

Xét một điểm P có toạ độ x = d. Thay giá trị x = d vào phương trình (*) ta có :

$$u_P = A\cos(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi d}{\lambda})$$

Như vậy chuyển động của P là một dao động tuần hoàn theo thời gian với chu kì $T = \frac{2\pi}{\omega}$.

* Tính tuần hoàn theo không gian.

Xét vị trí của tất cả các điểm của sóng tại một thời điểm xác định t_0. Ta có: $u(x, t_0) = A\cos(\frac{2\pi}{T}t_0 - \frac{2\pi}{\lambda}x)$.

Nếu thay x bằng x + λ thì : $u(x + \lambda) = A\cos(\frac{2\pi}{T}t_0 - 2\pi\frac{x}{\lambda} - 2\pi) = u(x)$

Điều đó chứng tỏ những điểm cách nhau một khoảng bằng một bước sóng thì có cùng li độ và sóng lại có hình dạng lặp lại như cũ.

3. Với hai điểm cùng pha thì khoảng cách $d_2 - d_1 = k\lambda$.

Hai điểm có dao động cùng pha, gần nhau nhất thì $d_2 - d_1 = \lambda$.

Ta có: $\lambda = \frac{340}{140} \approx 2,43m$.

Hai điểm có dao động ngược pha gần nhau nhất (ứng với k = 0,5) là:

$$\frac{\lambda}{2} = \frac{2,43}{2} \approx 1,215m.$$

4. Biến đổi thành dạng: $x = 6\cos2\pi(2t - 0,01x) = 6\cos2\pi(ft - \frac{x}{\lambda})$.

Ta có: Biên độ sóng: A = 6cm.

– Từ $\frac{x}{\lambda} = 0,01x \Rightarrow$ bước sóng λ = 100m.

– Tần số f = 2Hz.

– Tốc độ truyền sóng: v = fλ = 2.100 = 200m/s.

– Tại t = 4s thì: u = 6cos(4π.4 + 0,02π.16,6) = 3cm.

5. Ta biết rằng khoảng cách giữa hai gợn sóng kế tiếp bằng đúng bước sóng λ.

Ta có: $\lambda_1 = \frac{14,3 - 12,4}{2} = 0,95m$; $\lambda_2 = \frac{16,35 - 14,3}{2} = 1,025m$.

$$\lambda_3 = \frac{18,3 - 16,35}{2} = 0,975m \ ; \ \lambda_4 = \frac{20,45 - 18,3}{2} = 1,075m.$$

Bước sóng trung bình: $\overline{\lambda} = \frac{0,95 + 1,025 + 0,975 + 1,075}{4} \approx 1cm$.

Tốc độ truyền sóng: v = λf = 1.50 = 50cm/s = 0,5m/s.

6. Bước sóng : $\lambda = \frac{2}{10} = 0{,}2\text{cm}$.

Tốc độ truyền sóng: $v = \lambda f = 0{,}2.100 = 20\text{cm/s}$.

7. a) Chọn t = 0 là lúc điểm A bắt đầu dao động từ vị trí cân bằng.

Tần số góc: $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2} = \pi$ rad/s.

Phương trình dao động tại A: $s(t) = 5\cos\pi t$ (cm).

b) Phương trình dao động tại M cách A một khoảng x có dạng:

$$s_M(t) = 5\cos\pi(t - \frac{x}{v})$$

– Phương trình dao động tại M_1: $s_1 = 5\cos(\pi t - \frac{\pi}{3})$ (cm).

– Phương trình dao động tại M_2: $s_2 = 5\cos(\pi t - \pi)$ (cm).

– Phương trình dao động tại M_3: $s_3 = 5\cos(\pi t - 2\pi)$ (cm).

So sánh: Các dao động đều có cùng biên độ, cùng tần số với dao động tại A, nhưng s_1 trễ pha hơn $\frac{\pi}{3}$, s_2 ngược pha, còn s_3 thì cùng pha với dao động tại A.

c) Bước sóng: $\lambda = vT = 2.2 = 4\text{m}$.

8. a) Giữa n = 9 gợn sóng lồi có n – 1 = 8 bước sóng.

Ta có: $(n-1)\lambda = \Delta d \Rightarrow 8\lambda = 4\text{cm} \Rightarrow \lambda = 0{,}5\text{cm}$.

Từ $\lambda = vT = \frac{v}{f} \Rightarrow v = \lambda f = 0{,}5.120 = 60$ cm/s.

b) Chọn gốc thời gian lúc phân tử nước tại S đi qua vị trí cân bằng (mặt thoáng) theo chiều dương đi lên.

* Dao động tại S : $s = 0{,}6\cos 240\pi t$ (cm).

* Phương trình sóng tại điểm bất kì cách S một đoạn d :

$$s_M = 0{,}6\cos 240\pi\left(t - \frac{d}{60}\right)(\text{cm})$$

* Tại điểm M : d = 12cm thì $s_M = 0{,}6\cos 240\pi(t - 0{,}2)$ (cm)

c) Độ lệch pha: $\Delta\varphi = 2\pi\frac{d}{\lambda} = 2k\pi$.

Khi hai dao động cùng pha: $d = k\lambda$ ($k \in N$) $\Rightarrow d = 0{,}5k$ (cm).

9. a) Ta có: $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\frac{\pi}{3}} = 6\text{s}$. Bước sóng: $\lambda = vT = 50.6 = 300$ cm/s.

b) Tại thời điểm t pha dao động là : $\varphi_t = \frac{\pi}{3}t + \varphi$.

Sau 1 s pha dao động là : $\varphi_{(t+1)} = \frac{\pi}{3}(t+1) + \varphi$.

Độ lệch pha : $\Delta\varphi = [\frac{\pi}{3}(t+1) + \varphi] - (\frac{\pi}{3}t + \varphi) \Rightarrow \Delta\varphi = \frac{\pi}{3}$

Bài 15 SỰ PHẢN XẠ SÓNG. SÓNG DỪNG

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Đặc điểm của sự phản xạ sóng

Khi sóng truyền đi, nếu gặp vật cản thì nó có thể bị phản xạ.

Sóng phản xạ có cùng tần số và cùng bước sóng với sóng tới. Nếu đầu phản xạ cố định thì sóng phản xạ ngược pha với sóng tới.

2. Sóng dừng

a) Khái niệm về sóng dừng

Khi sóng tới và sóng phản xạ của nó gặp nhau thì có thể gây nên một hiện tượng đặc biệt gọi là sóng dừng. Trong đó xuất hiện những điểm đứng yên (gọi là nút) xen kẽ với những điểm dao động với biên độ cực đại (gọi là bụng).

b) Điều kiện để có sóng dừng

- Đối với sợi dây có hai đầu cố định hay một đầu dây cố định và một đầu dao động với biên độ nhỏ thì khi có sóng dừng hai đầu dây phải là hai nút. Khoảng cách giữa hai nút liên tiếp là một nửa bước sóng. Vậy chiều dài của dây bằng một số nguyên lần nửa bước sóng:

$$l = n\frac{\lambda}{2} \text{ với } n = 1, 2... \text{ (n bằng số bụng quan sát được)}$$

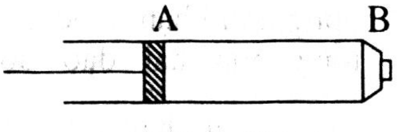
- Đối với sợi dây có một đầu tự do thì đầu tự do sẽ là một bụng sóng. Do đó muốn có sóng dừng thì dây phải có chiều dài bằng một số lẻ lần một phần tư bước sóng: $l = m\frac{\lambda}{4}$ với m = 1, 3, 5...

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Hãy vận dụng phương trình sóng để giải thích hiện tượng sóng dừng trên dây đàn hồi hai đầu cố định.
2. Trên một sợi dây dài 60cm có sóng dừng, người ta quan sát thấy có 4 bụng sóng. Tần số dao động là 250Hz. Tìm tốc độ truyền sóng trên dây.
3. Một dây có một đầu bị kẹp chặt, đầu kia buộc vào một nhánh của một âm thoa có tần số 400Hz. Âm thoa dao động tạo ra một sóng dừng có 4 bụng. Tốc độ sóng trên dây là 600m/s. Tìm bước sóng và chiều dài của dây.
4. Một dây đàn dài 0,6m hai đầu cố định dao động với một bụng duy nhất (ở giữa dây).

   a) Tính bước sóng λ của sóng trên dây.

   b) Nếu dây dao động với ba bụng thì bước sóng là bao nhiêu?
5. Trên một sợi dây dài 1,2m có một hệ sóng dừng. Kể cả hai đầu dây, thì trên dây có tất cả bốn nút. Biết tốc độ truyền sóng trên dây là v = 80m/s, tính tần số dao động của dây.
6. Để xác định tốc độ truyền âm trong một chất khí bằng phương pháp cộng hưởng âm, người ta dùng một ống hình trụ có pittông A, một đầu ống đặt màng phát âm B có tần số 2000Hz. (hình 22)



(Hình 22)

Pittông dịch chuyển làm thay đổi độ dài của lớp khí trong ống giữa màng phát âm và pittông. Tìm tốc độ truyền âm nếu khoảng cách giữa các vị trí kế tiếp nhau của pittông mà tại đó người ta nghe được âm rõ nhất (cộng hưởng) là $l = 7{,}6$cm.

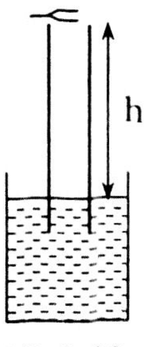
7. Độ cao l của cột không khí trong một ống thủy tinh có thể thay đổi được nhờ điều chỉnh mực nước trong ống. Đặt một âm thoa trên miệng ống thủy tinh đó. Khi âm thoa dao động nó phát ra một âm cơ bản, ta thấy trong cột không khí có một sóng dừng ổn định.

   a) Khi độ cao thích hợp của cột không khí có trị số nhỏ nhất $l_0 = 13$cm, ta nghe thấy âm to nhất. Tính tần số của âm do âm thoa phát ra, biết rằng đầu A hở của cột không khí là một bụng sóng, còn đầu B kín là một nút sóng. Biết tốc độ truyền âm là 340m/s.

   b) Tăng độ cao của cột không khí bằng cách hạ mực nước trong ống, ta thấy khi độ cao bằng 65cm thì âm lại to nhất. Tính số bụng sóng trong cột không khí.

8. Một nguồn điểm S phát ra một dao động truyền trên dây với tần số f = 50Hz và vận tốc 10m/s. Dây được buộc vào điểm cố định B cách S một khoảng $S_B = 95$cm. Tính số nút sóng trên dây.

9. Trong hình 23, T là một ống nghiệm cao, A là một âm thoa có tần số dao động riêng f = 850Hz. Gõ cho âm thoa rung, thì nó phát ra một âm rất yếu. Đưa âm thoa lại gần miệng ống nghiệm rồi cho nó dao động để phát ra âm thanh yếu, sau đó đổ dần nước vào ống cho mực nước cao dần thì khi độ cao của cột không khí trong ống h = 0,5m thì cột không khí dao động cộng hưởng và âm thanh của âm thoa được khuếch đại rất mạnh. Tính tốc độ v của âm thanh trong ống khí. Biết tốc độ âm thanh trong không khí không vượt quá $v_0 = 340$m/s.



(Hình 23)

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Xét dao động của một điểm M trên dây cách đầu cố định B một khoảng MB = d. Giả sử vào thời điểm t, sóng tới đến B truyền tới đó một dao động có phương trình dao động là: $u_B = A\cos 2\pi ft$ (*)

   Sóng tới đi qua M trước khi đến B cho nên M có phương trình sóng là:

$$u_M = A\cos(2\pi ft + 2\pi\frac{d}{\lambda})$$

   Sóng phản xạ tại B có li độ bằng và ngược chiều với li độ của sóng tới và có tần số bằng tần số của sóng tới. Phương trình của sóng phản xạ tại B là : $u'_B = -A\cos 2\pi ft = -A\cos(2\pi ft - \pi)$.

   Sóng phản xạ truyền đến M: $u'_M = -A\cos(2\pi ft - 2\pi\frac{d}{\lambda} - \pi)$.

   Khi sóng tới và sóng phản xạ liên tục truyền qua M thì ở mỗi thời điểm M, đồng thời nhận được hai dao động cùng phương. Do đó dao động của M sẽ là tổng hợp hai dao động do sóng tới và sóng phản xạ truyền đến:

$$u = u_M + u'_M \text{ hay } u = A\cos(2\pi ft + \frac{2\pi d}{\lambda}) + A\cos(2\pi ft - \frac{2\pi d}{\lambda} - \pi)$$

Áp dụng công thức lượng giác: $\cos a + \cos b = 2\cos\frac{a-b}{2}\cos\frac{a+b}{2}$

ta được: $u = 2A\cos(2\pi\frac{d}{\lambda} + \frac{\pi}{2})\cos(2\pi ft - \frac{\pi}{2})$.

Đặt $a = \left|2A\cos(2\pi\frac{d}{\lambda} + \frac{\pi}{2})\right|$ ta có : $u = a\cos(2\pi ft - \frac{\pi}{2})$

Như vậy, điểm M sẽ dao động điều hoà với tần số f và biên độ a. Biên độ này phụ thuộc vào khoảng cách d = MB từ điểm M đến đầu cố định của dây.

- Nếu khoảng cách d bằng một số nguyên lần nửa bước sóng ($d = k\frac{\lambda}{2}$) thì biên độ dao động tại M bằng 0, và tại M có một nút.

- Nếu khoảng cách $d = (k + \frac{1}{2})\frac{\lambda}{2}$ thì biên độ dao động có giá trị cực đại, tại đó có một bụng.

Cho k các giá trị lần lượt bằng 1, 2, 3... ta có các nút và bụng xen kẽ cách đều nhau. Khoảng cách giữa hai nút liên tiếp hay hai bụng liên tiếp bằng nửa bước sóng.

2. Vì khoảng cách giữa 2 bụng sóng kế tiếp là $\frac{\lambda}{2}$ nên ta có:

$60 = 4\frac{\lambda}{2} \Rightarrow$ bước sóng $\lambda = 30$cm.

Tốc độ truyền sóng: $v = f\lambda = 250.30 = 7500$cm/s = 75m/s.

3. a) Từ $v = f\lambda \Rightarrow$ bước sóng $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{600}{400} = 1,5$m.

b) Chiều dài dây: $l = 4\frac{\lambda}{2} = 4.\frac{1,5}{2} = 3$m.

4. a) Vì dây có hai đầu cố định và dao động với một bụng duy nhất nên hai đầu dây là hai nút kế tiếp. Khoảng cách giữa chúng là nửa bước sóng nên: $l = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow$ $\lambda = 2l = 1,2$m.

b) Dây dao động với 3 bụng thì : $3\frac{\lambda}{2} = l \Rightarrow \lambda = \frac{2l}{3} = 0,4$m.

5. Vì dây có 4 nút nên có 3 bụng sóng. Ta có $3\frac{\lambda}{2} = l \Rightarrow \lambda = \frac{2l}{3} = 0,8$m.

Tần số dao động $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{80}{0,8} = 100$Hz.

6. Khi cộng hưởng, trong khối chất khí hình thành sóng dừng. Màng phát âm trùng với một nút, pittông là một bụng. Khoảng cách giữa hai vị trí kế tiếp nhau của pittông ứng với cộng hưởng là khoảng cách giữa hai bụng liền kề và bằng nửa bước sóng.

Ta có: $\lambda = 2.7{,}6 = 15{,}2$cm.

Từ $\lambda = vT = \frac{v}{f} \Rightarrow v = \lambda f = 15{,}2.\ 2000 = 30400$cm/s = 304m/s.

7. a) Vì độ cao là ngắn nhất nên giữa hai điểm A và B của cột không khí không tồn tại một nút hay một bụng sóng liền kề nó.

Do đó: $l_0 = \frac{\lambda}{4} \Rightarrow \lambda = 4.l_0 = 52$cm.

Tần số âm: $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{0{,}52} = 653{,}8$Hz.

b) Ta thấy: $\frac{l}{l_0} = \frac{65}{13} = 5 \Rightarrow l = 5l_0 = 5\frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda}{4} + 2\frac{\lambda}{2}$ (*)

Vị trí các bụng sóng cách mặt phản xạ B một khoảng:

$l = \frac{\lambda}{4} + k\frac{\lambda}{2}$ với k = 0, 1, 2... (**)

Từ (*) và (**) $\Rightarrow$ k = 2. Vậy khi $l_1 = 65$cm thì nếu không kể bụng sóng ở hai đầu A và B của cột không khí có 2 bụng sóng.

8. Khoảng cách: $SB = 4\lambda + \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4}$.

Tại B là một nút sóng, trong khi ở S có một bụng dao động. Vậy giữa S và vật cản có một hệ thống dừng ổn định. Khoảng cách giữa hai nút sóng kế tiếp là $\frac{\lambda}{2}$ nên trên dây có 9 nút sóng cố định.

Các nút cách B những khoảng 10, 20, . . . 90cm.

9. Khi có sóng dừng ổn định, ở miệng ống có một bụng sóng còn ở đáy ống (mặt nước) có một nút. Độ cao h thoả mãn điều kiện:

$$h = (2k + 1)\frac{\lambda}{4}\ (k = 0, 1, 2...)$$

Với v_0 khoảng từ 300 đến 340m/s thì bước sóng λ vào cỡ $\frac{300}{850} = 0{,}35$m đến $\frac{340}{850} = 0{,}4$m. Khi đó $\frac{\lambda}{4}$ vào cỡ từ 9 – 10cm và giá trị nguyên của k phải là 2.

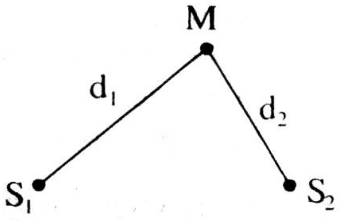
Ta có: $5\frac{\lambda}{4} = h = 50$cm $\Rightarrow \lambda = 0{,}4$m và tốc độ của âm thanh trong ống $v = \lambda f = 0{,}4.850 = 340$m/s.

Bài 16 GIAO THOA SÓNG

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Sự giao thoa của hai sóng

Xét trường hợp giao nhau của hai sóng nước phát ra hai nguồn dao động S_1 và S_2 có cùng tần số, cùng pha. Tại điểm M trên mặt nước cách S_1 một đoạn d_1 và cách S_2 một đoạn d_2 như hình 21. Các nguồn S_1 và S_2 dao động theo phương trình:



(Hình 21)

$$u_1 = u_2 = A\cos\omega t = A\cos\frac{2\pi}{T}t$$

Dao động tại M do u_1 truyền đến: $u_{1M} = A\cos 2\pi(\frac{t}{T} - \frac{d_1}{\lambda})$.

Dao động tại M do u_2 truyền đến: $u_{2M} = A\cos 2\pi(\frac{t}{T} - \frac{d_2}{\lambda})$.

Tại M hai dao động có độ lệch pha: $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(d_1 - d_2)$

Dao động tổng hợp tại M: $u_M = u_{1M} + u_{2M}$

Biên độ: $A_M^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\Delta\varphi = 2A^2 + 2A^2\cos\Delta\varphi$

Hay $A_M^2 = 2A^2(1 + \cos\Delta\varphi)$.

- Nếu hai dao động cùng pha $\Delta\varphi = 2k\pi$ thì biên độ dao động cực đại, bằng tổng hai biên độ dao động thành phần.

Ta có: $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(d_1 - d_2) = 2k\pi \Rightarrow d_1 - d_2 = k\lambda$.

Ở những điểm mà hiệu số đường đi bằng một số nguyên bước sóng thì dao động tổng hợp có biên độ cực đại.

- Nếu hai dao động ngược pha : $\Delta\varphi = (2k+1)\pi$ thì biên độ dao động cực tiểu, bằng hiệu hai biên độ của hai dao động thành phần.

Ta có : $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(d_1 - d_2) = (2k+1)\pi \Rightarrow d_1 - d_2 = (k + \frac{1}{2})\lambda$.

Ở những điểm mà hiệu số đường đi là một số bán nguyên bước sóng thì biên độ dao động tổng hợp cực tiểu.

*** Sự phân bố các điểm có biên độ cực đại trên mặt nước***

Khi có giao thoa, ta thu được hình ảnh một họ đường hypebol của những điểm dao động với biên độ cực đại xen kẽ với họ các đường hypebol của những điểm dao động với biên độ cực tiểu. Các đường hypebol tạo thành khi có sự giao thoa của hai sóng gọi là các vân giao thoa.

Hiện tượng hai sóng giao nhau mà những điểm có biên độ tăng cường lẫn nhau hoặc có biên độ triệt tiêu lẫn nhau được phân bố tại những vị trí không đổi trong không gian gọi là sự giao thoa sóng.

2. **Điều kiện để có hiện tượng giao thoa**

   Điều kiện để có hiện tượng giao thoa là hai sóng phải xuất phát từ hai nguồn dao động có cùng tần số cùng phương và có độ lệch pha không đổi theo thời gian.

   Hai nguồn như thế gọi là hai nguồn kết hợp. Hai sóng do hai nguồn kết hợp tạo ra gọi là hai sóng kết hợp.

3. **Sự nhiễu xạ của sóng**

   Hiện tượng sóng khi gặp vật cản thì đi lệch khỏi phương truyền thẳng của sóng và đi vòng qua vật cản gọi là sự nhiễu xạ của sóng.

   Hiện tượng nhiễu xạ là một đặc tính cố hữu của sóng, giống như hiện tượng giao thoa sóng.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Trong một thí nghiệm tạo vân giao thoa trên sóng nước, người ta dùng nguồn dao động đồng pha, có tần số 60Hz và đo được khoảng cách giữa hai vân cực tiểu liên tiếp nằm trên đường nối liền hai tâm dao động là 2,5mm. Tìm bước sóng và tốc độ truyền sóng.
2. Hai sóng phát ra từ cùng một nguồn, truyền tới A theo hai đường khác nhau. Khi tới A hai sóng có cùng biên độ, cùng phương dao động, hiệu số đường đi là 6cm. Bước sóng của hai sóng là 4cm. Kết quả giao thoa ở điểm A thế nào?
3. Trong thí nghiệm giao thoa sóng trên mặt nước, tốc độ truyền sóng là 0,5m/s, cần rung có tần số 40Hz. Tính khoảng cách giữa các đỉnh hai hypebol cùng loại liên tiếp.
4. Trong thí nghiệm giao thoa sóng trên mặt nước, khoảng cách giữa hai điểm S_1, S_2 là d = 11cm. Cho cần rung tại S_1 và S_2, ta thấy hai điểm S_1, S_2 gần như đứng yên và giữa chúng còn 10 điểm đứng yên không dao động. Biết tần số của cần rung là 26Hz, hãy tính tốc độ truyền của sóng.
5. Trong một thí nghiệm về giao thoa sóng trên mặt nước, hai nguồn kết hợp A, B cách nhau 16cm dao động với tần số 18Hz và cùng pha. Tại một điểm M cách nguồn A và B những khoảng $d_1 = 19$cm, $d_2 = 21$cm, sóng có biên độ cực đại. Giữa M và đường trung trực của AB không có cực đại nào khác. Tính vận tốc truyền sóng trên mặt nước.
6. Trên mặt nước phẳng lặng có hai nguồn điểm dao động S_1 và S_2 có tần số và biên độ là f = 120Hz và a = 0,5cm. Biết $S_1S_2 = 10$cm. Trên mặt nước, tại vùng giữa S_1 và S_2 có 5 gợn lồi và những gợn này chia đoạn S_1S_2 thành 6 đoạn mà hai đoạn ở hai đầu chỉ dài bằng một nửa các đoạn còn lại. Tính bước sóng, vận tốc truyền sóng trên mặt nước.
7. Hai điểm O_1, O_2 trên mặt nước dao động cùng biên độ, cùng pha. Biết $O_1O_2 = 3$cm. Giữa O_1 và O_2 có một gợn thẳng và 14 gợn dạng hyperbol mỗi bên. Khoảng cách giữa O_1 và O_2 đến gợn lồi gần nhất là 0,1cm. Biết tần số dao động f = 100Hz. Tính tốc độ truyền sóng trên mặt nước,
8. Hai điểm S_1, S_2 trên mặt một chất lỏng, cách nhau 25,6cm, dao động cùng pha với biên độ a và tần số f = 25Hz. Tốc độ truyền sóng trên mặt chất lỏng là v = 16m/s.

   a) Giữa S_1, S_2 có bao nhiêu gợn sóng hình hypebol ?

   b) Viết biểu thức của dao động tại các điểm M_1, M_2, cách S_1, S_2 các khoảng d_1, d_2 lần lượt bằng $d_1 = 28$cm ; $d_2 = 34,4$cm và $d_1 = 27,2$cm ; $d_2 = 24$cm.

9. Dao động tại hai điểm S_1, S_2 cách nhau 12cm trên một mặt chất lỏng có biểu thức: $s = a\cos 100\pi t$, tốc độ truyền sóng trên mặt chất lỏng là 0,8m/s. Giữa hai điểm S_1, S_2 có bao nhiêu hypebol, tại đó, chất lỏng dao động mạnh nhất.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Khoảng cách giữa hai vân cực tiểu liên tiếp bằng nửa bước sóng nên ta có:

$$\frac{\lambda}{2} = 2{,}5\text{mm} \Rightarrow \lambda = 5\text{mm}.$$

Tốc độ truyền sóng: $v = f\lambda = 60.5 = 300$mm/s.

2. Độ lệch pha của hai sóng tới tại A là $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(d_1 - d_2)$.

Hay $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{4}.6 = 3\pi$. Hai sóng ngược pha nhau và triệt tiêu nhau. Kết quả điểm A đứng yên không dao động.

3. Bước sóng : $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{0{,}5}{40} = 0{,}0125$m.

Khoảng cách giữa hai đỉnh sóng kế tiếp bằng nửa bước sóng nên ta có:

$$l = \frac{\lambda}{2} = \frac{0{,}0125}{2} = 0{,}00625\text{m} = 0{,}625\text{mm}.$$

4. Khoảng cách giữa hai điểm đứng yên kế tiếp (nằm trên đường nối S_1 và S_2) là:

$$\Delta l = \frac{11}{11} = 1\text{cm}.$$

Vì khoảng cách giữa hai điểm đứng yên kế tiếp bằng nửa bước sóng nên ta có:

$$\Delta l = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 2\Delta l = 2\text{cm}.$$

Tốc độ truyền sóng: $v = \lambda f = 2.26 = 52$cm/s $= 0{,}52$m/s.

5. Biên độ sóng tổng hợp cực đại ở các điểm có: $|d_1 - d_2| = k\lambda$.

Các điểm trên đường trung trực của AB có $d_1 = d_2$, các điểm này có biên độ sóng tổng hợp cực đại, ứng với n = 0.

Vì giữa M và đường trung trực của đoạn AB không có cực đại nào khác, nên cực đại của biên độ tại M ứng với k = 1.

Ta có: $\lambda = d_1 - d_2 = 21 - 19 = 2$cm $\Rightarrow v = \lambda f = 2.18 = 36$cm/s.

6. Xét giao điểm M_o của gợn lồi với đường S_1S_2 nằm gần S_2 nhất.

Vì có 5 gợn lồi, nên: $d_1 - d_2 = k\lambda$ với $k = 0, \pm1, \pm2$.

Tại M_o : $d_1 - d_2 = 2k$ (*)

Vì 5 gợn lồi chia đoạn S_1S_2 thành 6 đoạn mà hai đoạn ở đầu chỉ dài bằng một nửa các đoạn còn lại, nên suy được:

$$d_1 = \frac{9}{10}d \text{ và } d_2 = \frac{1}{10}d \text{ , với } d = S_1S_2 \qquad (**)$$

Từ (*) và (**) $\Rightarrow d_1 - d_2 = 0,8d = 2\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{0,8.d}{2} = 0,4.10 = 4$ cm/s.

7. Khoảng cách giữa hai gợn sóng lồi là $\frac{\lambda}{2}$.

Trong khoảng giữa hai gợn lồi ngoài có 27 gợn lồi bên trong, chúng chia thành 28 phần. Vì khoảng cách giữa O_1 và O_2 đến gợn lồi gần nhất là 1cm nên khoảng cách giữa hai gợn lồi kế tiếp là: $\Delta d = \frac{3 - 2.0,1}{28} = 0,1$cm $\Rightarrow \lambda = 0,2$cm.

Tốc độ truyền sóng: $v = \frac{\lambda}{t} = \lambda f = 0,2.100 = 20$cm/s.

8. a) Bước sóng của sóng : $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{160}{25} = 6,4$cm.

$S_1S_2 = 25,6\text{cm} = 8\frac{\lambda}{2}$. Trừ hai điểm S_1, S_2 thì trên đoạn thẳng S_1S_2 có 7 điểm, tại đó mặt nước dao động mạnh nhất.

Nếu không tính gợn sóng thẳng trùng với đường trung trực của S_1S_2 thì có 6 gợn sóng hình hypebol.

b) Biểu thức của dao động tại S_1 và S_2: $s = a\cos 2\pi ft = a\cos 50\pi t$.

Tại điểm M bất kì cách S_1, S_2 những khoảng d_1, d_2 có phương trình sóng là:

$$s_M = 2a\cos\frac{\pi(d_2 - d_1)}{\lambda}\cos\left[2\pi ft - \frac{\pi(d_1 + d_2)}{\lambda}\right].$$

a) Tại M_1 : $d_1 = 28$cm, $d_2 = 34,4$cm là :

$$s_1 = 2a\cos\frac{\pi(34,4 - 28)}{6,4}\cos\left[50\pi t - \frac{\pi(34,4 + 28)}{6,4}\right]$$

$s_1 = 2a\cos\pi\cos(50\pi t - 9,75\pi)$.

b) Mại M_2 : Do $d_1 - d_2 = 3,2\text{cm} = \frac{\lambda}{2}$ nên dao động tại M luôn luôn triệt tiêu :

$s_2 = 0$.

9. Bước sóng $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{80}{50} = 1,6$cm.

Đỉnh của hai hypebol, tại đó chất lỏng dao động mạnh nhất, cách nhau :

$$i = \frac{\lambda}{2} = \frac{1,6}{2} = 0,8\text{cm}.$$

Số khoảng i chứa trên đoạn S_1S_2 : $N = \frac{S_1S_2}{i} = \frac{12}{0,8} = 15$.

Vì S_1, S_2 là hai nút mà các bụng dao động lại ở chính giữa khoảng cách giữa hai nút, nên số hypebol (quỹ tích các điểm dao động cực đại) đúng bằng N = 15.

Bài 17 SÓNG ÂM. NGUỒN NHẠC ÂM

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Nguồn gốc của âm và cảm giác về âm

– Các vật phát ra âm đều dao động, ta gọi các vật đó là nguồn âm.

– Vật dao động làm cho lớp không khí ở bên cạnh lần lượt bị nén rồi bị dãn. Không khí bị nén hay bị dãn thì làm xuất hiện lực đàn hồi khiến cho dao động đó được truyền cho các phần tử không khí ở xa hơn. Dao động được truyền đi trong không khí, tạo thành sóng gọi là sóng âm có cùng tần số với nguồn âm.

– Cảm giác về âm phụ thuộc vào nguồn âm và tai người nghe.

– Sóng âm có thể truyền đi trong tất cả các môi trường đàn hồi và không truyền được qua chân không. Vận tốc truyền âm phụ thuộc vào tính đàn hồi và mật độ của môi trường.

– Trong chất khí và chất lỏng, sóng âm là sóng dọc vì trong các chất này lực đàn hồi chỉ xuất hiện khi có biến dạng nén, dãn.

– Trong chất rắn, sóng âm có thể là sóng ngang hoặc sóng dọc vì lực đàn hồi xuất hiện cả khi có biến dạng lệch và biến dạng nén, dãn.

2. Nhạc âm và tạp âm

– Âm do các nhạc cụ phát ra thì nghe êm ái, dễ chịu và đồ thị dao động của chúng có đặc điểm chung là những đường cong tuần hoàn có tần số xác định. Chúng được gọi là nhạc âm.

– Tiếng gõ tấm kim loại nghe chối tai, gây cảm giác khó chịu, đồ thị của chúng là những đường cong không tuần hoàn, không có tần số xác định. Chúng được gọi là tạp âm.

3 Những đặc trưng của âm

Ta chỉ nghiên cứu những nhạc âm.

a) Độ cao của âm

– Âm càng cao thì tần số càng lớn.

– Tai con người chỉ có thể cảm nhận được (nghe thấy) những âm có tần số nằm trong khoảng từ 16Hz đến 20000Hz. Những âm có tần số lớn hơn 20000Hz gọi là siêu âm và những âm có tần số nhỏ hơn 16Hz gọi là hạ âm.

b) Âm sắc

Khi ta nghe hoà nhạc, ba nhạc cụ cùng tấu lên một đoạn nhạc ở cùng một độ cao nhưng ta vẫn phân biệt tiếng của từng nhạc cụ. Nếu đưa các tín hiệu âm này vào dao động kí điện tử ta sẽ được trên màn hình những đường cong có cùng tần số nhưng có dạng rất khác nhau. Dạng đường cong khác nhau chứng tỏ li độ của dao động âm biến đổi khác nhau. Vì thế, sóng âm tác dụng vào màng nhĩ của tai, làm cho màng nhĩ dao động theo những kiểu khác nhau. Do đó, ta nghe thấy các âm đó có sắc thái khác nhau. Đặc tính đó của âm gọi là âm sắc.

c) Cường độ âm, mức cường độ âm

– Cường độ âm được xác định là năng lượng được sóng âm truyền qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với phương truyền sóng trong một đơn vị thời gian. Đơn vị cường độ âm là $\frac{W}{m^2}$.

– Để so sánh cường độ của một âm với cường độ âm tiêu chuẩn, người ta dùng mức cường độ âm: $L(dB) = 10\lg\frac{I}{I_0}$

d) Giới hạn nghe của tai người

– Do đặc điểm sinh lí của tai, để âm thanh gây được cảm giác âm, thì cường độ âm phải lớn hơn một giá trị cực tiểu nào đó gọi là ngưỡng nghe. Ngưỡng nghe thay đổi theo tần số của âm.

– Cảm giác nghe âm "to" hay "nhỏ" không những phụ thuộc vào cường độ âm mà còn phụ thuộc vào tần số của âm.

– Khi cường độ âm lên tới 10 W/m^2 ứng với mức cường độ âm 130 dB thì sóng âm với mọi tần số gây cho tai ta cảm giác nhức nhối, đau đớn. Giá trị cực đại của cường độ âm mà tai ta có thể chịu đựng được gọi là ngưỡng đau. Ngưỡng đau ứng với mức cường độ âm là 130 dB.

4. Nguồn nhạc âm

a) Dây đàn có hai đầu cố định

Mỗi dây đàn được kéo căng bằng một lực cố định đồng thời có thể phát ra âm cơ bản và các hoạ âm bậc cao hơn có tần số là một số nguyên lần tần số của âm cơ bản. Tổng hợp những dao động đó ta được một dao động tuần hoàn phức tạp có cùng tần số với âm cơ bản.

Khi hai nhạc cụ phát ra một âm cơ bản, nhưng có các hoạ âm khác nhau thì âm tổng hợp sẽ có cùng tần số (cùng độ cao) nhưng có dạng đồ thị dao động khác nhau nên có âm sắc khác nhau.

b) Ống sáo

Ống sáo và các loại kèn khí như clarinet, xaxôphôn đều có bộ phận chính là một ống có một đầu kín, một đầu hở. Khi ta thổi một luồng khí vào miệng sáo thì không khí ở đó sẽ dao động. Dao động này truyền đi dọc theo ống sáo, tạo thành sóng âm. Sóng âm bị phản xạ ở hai đầu ống, sẽ xảy ra hiện tượng sóng dừng nếu chiều dài của ống bằng một số lẻ lần một phần tư bước sóng. Ống sáo một đầu kín một đầu hở chỉ có thể phát ra các hoạ âm có số bậc lẻ. Chiều dài của ống sáo càng lớn thì âm phát ra có tần số càng nhỏ, âm phát ra càng trầm.

5. Hộp cộng hưởng

Dây đàn thường được căng ở hai điểm trên một hộp đàn rỗng có hình dạng và kích thước khác nhau. Khi ta bật cho dây đàn kêu, mặt hộp đàn dao động làm cho cột khí trong hộp cũng dao động, tạo ra sóng âm. Sóng này phản xạ ở các phần khác nhau của thành hộp. Do kích thước và hình dạng của hộp đàn mà mỗi hộp đàn chỉ cộng hưởng với một số hoạ âm nhất định, khuếch đại những âm đó và tạo ra một âm tổng hợp có âm sắc riêng.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Âm 80 dB có cường độ lớn gấp bao nhiêu lần âm 20 dB?
2. Một dây đàn viôlon hai đầu cố định, dao động, phát ra âm cơ bản ứng với một nốt nhạc có tần số 480 Hz. Tốc độ sóng trên dây là 240m/s. Hỏi độ dài của dây.
3. Một lá thép dao động với chu kì T = 80ms. Âm do nó phát ra có nghe được không ?

4. Một siêu âm có tần số 1MHz. Hãy tính bước sóng của siêu âm này trong không khí ở 0^0C và trong nước.

5. Để đo tốc độ âm trong gang, nhà vật lí Pháp Bi-ô đã dùng một ống bằng gang dài 951,25 m. Một người đập một nhát búa vào một đầu ống gang, một người ở đầu kia nghe thấy hai tiếng gõ, một truyền qua gang và một truyền qua không khí trong ống gang; hai tiếng ấy cách nhau 2,5s. Biết tốc độ âm trong không khí là 340 m/s, hãy tính tốc độ âm trong gang.

6. Một nguồn âm, coi như một nguồn điểm, có công suất phát âm là 0,5W. Tính mức cường độ âm tại điểm nằm cách nguồn 10 m.

7. Ngưỡng đau của tai người khoảng $10W/m^2$. Giả sử một nguồn âm kích thước nhỏ S đặt cách tai một khoảng d = 1,2m. Để âm do nguồn phát ra làm đau tai, thì công suất âm P của nguồn tối thiểu phải bằng bao nhiêu?

8. Loa của một máy thu thanh (cái đài) gia đình có công suất âm thanh P = 1W, khi mở to hết công suất.

a) Tính mức cường độ âm do loa đó tạo ra tại một điểm ở cách máy 4m.

b) Để ở tại điểm ấy, mức cường độ âm chỉ còn 70dB, phải giảm nhỏ công suất của loa bao nhiêu lần ?

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Ta có: $L_1(dB) = 10\lg\frac{I_1}{I_0}$ và $L_2(dB) = 10\lg\frac{I_2}{I_0}$

$\Rightarrow 10\lg\frac{I_1}{I_2} = L_1 - L_2 = 80 - 20 = 60dB \qquad \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = 10^6.$

2. Vì dây đàn phát ra âm cơ bản, tức trên dây chỉ có một bụng sóng.

Ta có: bước sóng $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{240}{480} = 0,5m.$

Chiều dài dây: $l = \frac{\lambda}{2} = \frac{0,5}{2} = 0,25m.$

3. Tần số của âm là: $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,08} = 12,5Hz.$

Vì f = 12,5Hz < 16 Hz nên âm phát ra không nghe được.

4. Tần số của âm: $f = 1MHz = 10^6Hz.$

– Trong không khí ở 0^0C, tốc độ truyền âm là v = 331m/s nên bước sóng là:

$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{331}{10^6} = 3,31.10^{-4}m = 0,331mm.$

– Trong nước, tốc độ truyền âm là v = 1500m/s nên bước sóng là:

$\lambda' = \frac{v'}{f} = \frac{1500}{10^6} = 1,5.10^{-3}m = 1,5mm.$

5. Thời gian truyền âm trong không khí: $t_1 = \frac{l}{v} = \frac{951,25}{340} = 2,8s.$

Thời gian truyền âm trong gang: $t_2 = t_1 - 2,5 = 0,3s.$

Tốc độ truyền âm trong gang: $v' = \dfrac{l}{t_2} = \dfrac{951,25}{0,3} = 3170,8$ m/s.

6. Cường độ âm tại điểm cách nguồn âm 10m: $I = \dfrac{0,5}{10^2} = 5.10^{-3}$ W/m².

Nhận xét: $\dfrac{I}{I_0} = \dfrac{5.10^{-3}}{10^{-12}} = 5.10^8 \Rightarrow L(dB) = 10lg5.10^8 = 86,9dB.$

7. Khi một nguồn điểm phát âm có công suất P thì gây ra tại một điểm ở cách nguồn một khoảng R một cường độ âm là:

$$I = \frac{P}{4\pi R^2} \Rightarrow P = 4\pi R^2 I$$

với R = 1,2m, I = 10W/m² thì $P = 4.3,14.1,2^2.1 = 180,86W$.

8. a) Ta có $I = \dfrac{P}{4\pi R^2} = \dfrac{1}{4.3,14.4^2} = 5.10^{-3}W/m^2.$

$$\Rightarrow L = 10\log\frac{I}{I_0} = 10\log\frac{5\cdot10^{-3}}{10^{-12}} \approx 97dB.$$

b) Cường độ I' ứng với mức 70dB hay 7B là:

$$I' = 10^7 I_0 = 10^7.10^{-12} = 10^{-5}W/m^2.$$

Vậy phải giảm nhỏ công suất $\dfrac{5\cdot10^{-3}}{10^{-5}} = 500$ lần.

Bài 18

HIỆU ỨNG ĐỐP-PLE

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Hiệu ứng Đốp-ple

Sự thay đổi tần số sóng do nguồn sóng chuyển động tương đối so với máy thu gọi là hiệu ứng Đốp-ple.

* Trường hợp nguồn âm S cố định phát ra âm có tốc độ là v:

– Nếu người quan sát M chuyển động lại gần nguồn S với tốc độ v_M thì tần số của âm nghe được là: $f' = \dfrac{v + v_M}{v} f > f$. (âm nghe được có tần số lớn hơn tần số âm phát ra).

– Nếu người quan sát M chuyển động ra xa nguồn S với tốc độ v_M thì tần số của âm nghe được là: $f'' = \dfrac{v - v_M}{v} f < f$. (âm nghe được có tần số nhỏ hơn tần số âm phát ra).

* Trường hợp người quan sát đứng yên còn nguồn âm chuyển động với tốc độ v_S:

– Nếu nguồn âm chuyển động lại gần người quan sát M thì tần số của âm nghe được là: $f' = \dfrac{v}{v - v_S} f > f$. (âm nghe được có tần số lớn hơn tần số âm phát ra).

– Nếu nguồn âm chuyển động ra xa người quan sát M thì tần số của âm nghe được là: $f'' = \frac{v}{v + v_S} f < f$. (âm nghe được có tần số nhỏ hơn tần số âm phát ra).

2. **Ứng dụng hiệu ứng Đốp-ple**

Hiệu ứng Đốp-ple không những xảy ra với sóng âm mà còn xảy ra với cả sóng âm có bước sóng rất ngắn, sóng vô tuyến điện và sóng ánh sáng.

Cảnh sát giao thông dùng thiết bị đo tốc độ của các loại xe là một ứng dụng của hiệu ứng Đốp-ple, trong đó một máy phát sóng cực ngắn với tần số f hướng hướng về phía xe đang chạy lại gần máy. Sóng bị phản xạ lại từ các bộ phận kim loại của xe để trở về máy rađa thì có tần số f', cao hơn f do có sự chuyển động tương đối của xe đối với máy rađa. Máy rađa chuyển đổi hiệu số giữa f và f' thành tốc độ của xe, và vận tốc này được hiển thị trên màn hình máy rađa.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Giải thích vì sao khi máy thu chuyển động lại gần nguồn âm thì âm ghi nhận được lại có tần số lớn hơn âm phát ra ?

2. Một cái còi phát sóng âm có tần số 950Hz chuyển động đi ra xa một người đứng bên đường về phía một vách đá với tốc độ 20m/s. Lấy tốc độ âm trong không khí là 330 m/s. Hỏi :

   a) Tần số của âm người đó nghe trực tiếp từ cái còi.

   b) Tần số của âm người đó nghe được khi âm phản xạ lại từ vách đá.

3. Một người đứng ở cạnh đường đo tần số tiếng còi của một xe ôtô. Khi ôtô tiến lại gần thì anh ta đo được giá trị f = 701,59Hz và khi ôtô đi ra xa thì anh ta đo được $f' = 605,48$Hz. Biết tốc độ âm thanh trong không khí là v = 340m/s. Tính tốc độ của ôtô và tần số của tiếng còi khi ôtô đứng yên.

4. Một máy thu chuyển động so với một nguồn âm đứng yên. Khi máy thu lại gần thì tần số của âm đo được là $f_1 = 1005,88$Hz, khi máy thu lùi ra xa thì tần số của âm đo được là $f_2 = 0,71f_1$. Tính tốc độ của máy thu và tần số của âm do nguồn phát ra. Cho biết vận tốc truyền âm trong không khí v = 340m/s.

5. Một cái còi phát một âm có tần số $f_0 = 500$Hz rơi tự do không vận tốc đầu từ một độ cao h. Khi còi rơi gần ngang qua mặt một quan sát viên đứng ở mặt đất thì tần số âm mà người này thu được là f = 1300Hz. Tính độ cao h và tần số f' của âm mà quan sát viên thu được khi còi vừa rơi qua mặt quan sát viên. Cho tốc độ âm trong không khí là v = 340m/s.

6. Một nguồn S phát một âm có tần số riêng f_0 và chuyển động với vận tốc v = 204m/s. Hỏi:

   a) Tần số f_0 tối thiểu phải bằng bao nhiêu để một quan sát viên đứng yên trên quỹ đạo của nguồn không nghe thấy âm do S phát ra khi S đang lại gần?

   b) Tần số f_0 tối đa bằng bao nhiêu để quan sát viên không nghe thấy gì, khi S đi ra xa?

7. Một máy bay phản lực bay với tốc độ u = 1800km/h về phía một nguồn âm cố định S. Nguồn S phát một âm đơn có tần số $f_0 = 1200$Hz. Tính tần số f' và f'' của âm mà một máy thu đặt trên máy bay nhận được của S lúc máy bay lại gần và lúc nó rời xa S. Biết tốc độ âm truyền trong không khí là 340m/s.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Giả sử nguồn âm S đứng yên, phát ra âm được biểu diễn bằng những vòng tròn đỉnh sóng. Hai đỉnh sóng cách nhau một bước sóng $\lambda = \frac{v}{f}$, trong đó f là tần số của sóng, v là tốc độ truyền sóng và cũng là tốc độ dịch chuyển của một đỉnh sóng.

   Khi người quan sát M dịch chuyển lại gần nguồn âm S với tốc độ v_M thì tốc độ dịch chuyển của đỉnh sóng so với người quan sát là $v + v_M$.

   Trong thời gian t, một đỉnh sóng lại gần người quan sát được quãng đường bằng $(v + v_M)t$. Số lần bước sóng đã đi qua tai người trong thời gian đó là $\frac{(v+v_M)t}{\lambda}$.

   Trong 1 giây, tai người quan sát đã nhận được một số lần bước sóng bằng:

$$f' = \frac{(v+v_M)t}{\lambda t} = \frac{v+v_M}{\lambda} \text{ hay } f' = \frac{v+v_M}{v} f > f.$$

   Vậy, khi người quan sát chuyển động lại gần nguồn âm thì sẽ nghe được âm có tần số $f' > f$.

2. Tần số của âm người đó nghe trực tiếp từ cái còi:

$$f' = \frac{v}{v+v_S} f = \frac{330}{330+20}.950 = 895{,}7\text{Hz}.$$

   b) Âm người đó nghe được khi âm phản xạ lại từ vách đá tương ứng với trường hợp nguồn âm dịch chuyển lại gần người nghe.

   Tần số âm nghe được: $f'' = \frac{v}{v-v_S} f = \frac{330}{330-20}.950 = 1011{,}29\text{Hz}.$

3. Gọi u là tốc độ của ôtô, f_0 là tần số của tiếng còi khi ôtô đứng yên. Ta có:

$$f_1 = f_0 \frac{v}{v-u} = f_0 \frac{340}{340-u} = 701{,}59$$

$$f' = f_0 \frac{v}{v+u} = f_0 \frac{340}{340+u} = 605{,}48$$

$$\Rightarrow \frac{340+u}{340-u} = \frac{724}{606} \Rightarrow u = 25\text{m/s và } f_0 = 650\text{Hz}.$$

4. Gọi u là tốc độ của máy thu, f là tần số của âm do nguồn phát ra.

   Ta có: $f_1 = f\frac{v+u}{v} = f\frac{340+u}{340} = 1005{,}88$

$$f_2 = f_1 \frac{v-u}{v+u} = f_1 \frac{340-u}{340+u} = 0{,}71 f_1$$

   $\Rightarrow$ u = 40m/s và f = 900Hz.

5. a) Gọi u là tốc độ của còi khi rơi qua mặt quan sát viên.

   Từ $f' = f_0 \frac{v}{v-u} \Rightarrow u = v\left(1 - \frac{f_0}{f}\right) = 340\left(1 - \frac{500}{1300}\right) \approx 210\text{m/s}.$

Độ cao: $h = \dfrac{u^2}{2g} = \dfrac{210^2}{2.9,8} = 2250m$.

– Khi còi vừa qua mặt quan sát viên thì nó rời xa anh ta, tần số tiếng còi giảm.

Ta có: $f'' = f_0 \dfrac{v}{v+u} = 500\dfrac{340}{340+210} \approx 309,1Hz$.

6. a) Gọi v là tốc độ âm truyền trong không khí, u là tốc độ của nguồn S.

Khi quan sát viên đứng yên trên quỹ đạo của nguồn không nghe thấy âm do S phát ra thì tần số của âm thu được phải lớn hơn giá trị 20000Hz.

Ta có: $f' = f_0 \dfrac{v}{v-u} = f_0 \dfrac{340}{340-204} \geq 20\,000\ Hz \Rightarrow f_{0\,min} = 8\,000Hz$.

b) Khi quan sát không nghe thấy âm do S phát ra thì tần số của âm thu được phải nhỏ hơn giá trị 16Hz.

Ta có: $f'' = f_0 \dfrac{v}{v+u} = f_0 \dfrac{340}{340+204} \leq 16Hz \Rightarrow f_{0max} = 25,6Hz$.

7. Ta có: $u = \dfrac{1800.1000}{3600} = 500m/s$.

Khi máy bay bay lại gần thì tần số âm mà máy thu thu được là :

$$f' = f_0 \frac{v+u}{v} = 1200.\frac{340+500}{340} = \approx 2\,964,7Hz.$$

Khi máy bay rời xa S, có thể thấy rằng $v - u = 340 - 500 < 0$. Khi đó thực tế máy thu trên máy bay không nhận được âm của nguồn S nữa. Đây là trường hợp ta thường nói máy bay "bay nhanh hơn tiếng động", sóng âm phát từ nguồn S truyền đi với tốc độ chậm hơn tốc độ của máy bay nên không tới được máy bay.

CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM ÔN TẬP CUỐI CHƯƠNG

1. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Bước sóng là quãng đường mà sóng truyền đi được trong một chu kì của sóng.

B. Biên độ sóng tại mỗi điểm trong không gian là biên độ dao động của phần tử môi trường tại điểm đó.

C. Khi sóng truyền đi, tất cả các phần tử của sóng đều dao động cùng pha với nhau.

D. Khi sóng truyền đi, vận tốc truyền sóng chính là vận tốc truyền pha dao động.

2. Khi sóng cơ học truyền đi thì:

A. những điểm cách nhau một số lẻ lần của nửa bước sóng sẽ dao động cùng pha với nhau.

B. những điểm cách nhau một số nguyên lần bước sóng sẽ dao động ngược pha với nhau.

C. tại cùng một thời điểm, mọi điểm của sóng đều nằm trên một đường thẳng song song với phương truyền sóng.

D. mọi phần tử của sóng đều dao động với cùng một chu kì như nhau.

3. Trên phương truyền sóng, hai điểm gần nhất dao động cùng pha với nhau cách nhau một khoảng bằng:

A. một số nguyên lần của bước sóng.
B. một bước sóng.
C. nửa bước sóng.
D. một số lẻ lần của nửa bước sóng.

4. Khi sóng truyền trên sợi dây, nếu đầu phản xạ là cố định thì sóng tới và sóng phản xạ:

A. có cùng tần số và pha.
B. có cùng bước sóng và pha.
C. có cùng vận tốc truyền sóng và pha.
D. có cùng chu kì, bước sóng và ngược pha.

5. Trong hiện tượng sóng dừng trên một sợi dây, điều nào sau đây là **sai**?

A. Những điểm nút và bụng luân phiên thay đổi vị trí cho nhau.
B. Điểm bụng là những điểm dao động có biên độ cực đại.
C. Điểm nút là những điểm đứng yên trên dây.
D. Những điểm nút và những điểm bụng xen kẽ, cách đều nhau.

6. Một sợi dây MN có chiều dài d, đầu N cố định. Dao động sóng tại M có biên độ A, tần số f, bước sóng λ và pha ban đầu bằng không. Thông tin nào sau đây là **đúng**?

A. Phương trình sóng tại M là $u_M = A\sin 2\pi ft$.
B. Phương trình sóng tới tại N: $u_N = A\sin(2\pi ft + \frac{d}{\lambda})$.
C. Phương trình sóng phản xạ tại N: $u'_N = -A\sin(2\pi ft + \frac{d}{\lambda})$.
D. Tại N, dao động tổng hợp có biên độ cực đại.

7. Một sợi dây MN đặt nằm ngang có sóng truyền qua, đầu M tự do, đầu N cố định. Biết MN = l và P là điểm cách N một đoạn d. Nếu tại thời điểm t, phương trình sóng tới tại N là $u_N = A\sin 2\pi ft$ thì:

A. phương trình sóng tại M là $u_M = A\sin(2\pi ft - 2\pi\frac{l}{\lambda})$.
B. phương trình sóng tại P (từ M tới) là $u_P = A\sin(2\pi ft - 2\pi\frac{d}{\lambda})$.
C. phương trình sóng tại P (từ N tới) là $u'_P = A\sin(2\pi ft - 2\pi\frac{d}{\lambda})$.
D. biên độ sóng tổng hợp tại P là $|a| = \left|2A\sin 2\pi\frac{d}{\lambda}\right|$.

8. Một sóng cơ học có bước sóng λ truyền qua sợi dây AB. Biết đầu A tự do, đầu B cố định, M là điểm cách B một đoạn d. Nếu tại thời điểm t phương trình sóng tới tại B là $u_B = A\sin 2\pi ft$ thì biên độ sóng tổng hợp tại M xác định bởi biểu thức:

A. $|a| = \left|2A\sin 2\pi\frac{d}{\lambda}\right|$.
B. $|a| = \left|4A\sin 2\pi\frac{d}{\lambda}\right|$.
C. $|a| = \left|2A\cos \pi\frac{d}{2\lambda}\right|$.
D. $|a| = \left|2A\cos 2\pi\frac{d}{\lambda}\right|$.

9. Trong hiện tượng sóng dừng trên một sợi dây, gọi λ là bước sóng thì khoảng cách giữa hai bụng sóng liên tiếp có giá trị bằng:

A. $\frac{1}{4}\lambda$. B. 2λ. C. $\frac{1}{2}\lambda$. D. 4λ.

10. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Đối với sợi dây có một đầu dây cố định và một đầu dao động với biên độ nhỏ thì điều kiện để có sóng dừng trên dây là chiều dài dây bằng một số nguyên lần của nửa bước sóng.

B. Trong hiện tượng sóng dừng, khoảng cách giữa hai nút sóng liên tiếp bằng một bước sóng.

C. Đối với sợi dây có một đầu tự do, điều kiện để có sóng dừng trên dây là chiều dài sợi dây bằng một số bán nguyên nửa bước sóng.

D. Với sợi dây có đầu phản xạ cố định, sóng tới và sóng phản xạ của nó có cùng tần số, cùng bước sóng và ngược pha nhau.

11. Hai nguồn S_1 và S_2 dao động với cùng bước sóng λ theo phương trình: $u_1 = u_2 = A\sin 2\pi ft$. Xét điểm M cách S_1, S_2 các khoảng d_1, d_2. Với $k \in N$, biên độ dao động tổng hợp tại M đạt cực đại khi:

A. $d_1 - d_2 = k\lambda$. B. $d_1 - d_2 = k\frac{\lambda}{2}$.

C. $d_1 - d_2 = 2k\lambda$. D. $d_1 - d_2 = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$.

12. Hai nguồn S_1 và S_2 dao động với cùng bước sóng λ theo phương trình: $u_1 = u_2 = A\sin 2\pi ft$. Xét điểm M cách S_1, S_2 các khoảng d_1, d_2. Với $k \in N$, biên độ dao động tổng hợp tại M đạt cực tiểu khi:

A. $d_1 - d_2 = (k + \frac{1}{2})\frac{\lambda}{4}$. B. $d_1 - d_2 = (k + \frac{1}{2})\lambda$.

C. $d_1 - d_2 = (k + \frac{1}{2})\frac{\lambda}{2}$. D. $d_1 - d_2 = (2k + 1)\lambda$.

13. Trong hiện tượng giao thoa của hai sóng, vân giao thoa có dạng:

A. một họ các đường parabol. B. một đường thẳng.

C. một hypebol duy nhất. D. một họ các đường hypebol.

14. Hai nguồn kết hợp có cùng bước sóng giao thoa với nhau, tạo ra những điểm có biên độ sóng cực tiểu tại những vị trí:

A. có hiệu số đường đi là một số bán nguyên lần bước sóng.

B. có hiệu số đường đi bằng một số nguyên lần bước sóng.

C. nằm trên đường trung trực của đoạn thẳng nối hai nguồn.

D. nằm trên đoạn thẳng nối hai nguồn.

15. Chọn câu **đúng**.

A. Sóng dừng chỉ xảy ra khi sóng tới và sóng phản xạ có phương vuông góc nhau.

B. Trong hiện tượng sóng dừng trên dây có một đầu tự do thì đầu tự do luôn là nút sóng.

C. Quá trình nào diễn ra mà ta quan sát được hiện tượng giao thoa thì có thể khẳng định đó là quá trình sóng.

D. Hai nguồn sóng có cùng tần số và có pha bằng nhau gọi là hai nguồn kết hợp.

16. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Sóng âm là sóng có phương dao động trùng với phương truyền sóng.

B. Cảm giác về âm phụ thuộc vào nguồn âm và tai người nghe.

C. Nguồn âm là các vật dao động và phát ra âm thanh.

D. Tai con người chỉ cảm nhận được những âm có tần số trong khoảng từ 16000Hz đến 20000Hz.

17. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Tai người không thể cảm nhận được siêu âm và hạ âm.

B. Sóng âm chỉ truyền được trong các môi trường đàn hồi.

C. Sóng âm truyền rất tốt trong chân không.

D. Vận tốc truyền âm trong chất rắn lớn hơn so với chất lỏng và chất khí.

18. Điều nào sau đây là **sai** khi nói về cường độ âm?

A. Cường độ âm là năng lượng được sóng âm truyền qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với phương truyền sóng trong một đơn vị thời gian.

B. Đơn vị cường độ âm là oát trên mét vuông (W/m^2).

C. Tai người không thể nghe được âm có cường độ lớn hơn giá trị $1W/m^2$.

D. Cường độ âm nhỏ nhất mà tai người nghe được là $10^{-12}W/m^2$.

19. Với các nhạc cụ khác nhau, người ta thường làm các hộp đàn có kích thước và hình dạng rất khác nhau. Việc làm đó nhằm mục đích cơ bản là tạo ra những âm có:

A. âm sắc riêng khác nhau.
B. độ to khác nhau.
C. mức độ trầm, bổng khác nhau.
D. mức cường độ âm khác nhau

20. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Hiệu ứng Đốp-ple là sự thay đổi tần số sóng do nguồn sóng chuyển động đối với người quan sát.

B. Hiệu ứng Đốp-ple không thể xảy ra cả với sóng siêu âm hay sóng ánh sáng.

C. Khi nguồn âm tiến ra xa người quan sát thì âm nhận được có tần số nhỏ hơn so với tần số của nguồn âm.

D. Khi nguồn âm tiến lại gần người quan sát thì âm nhận được có tần số lớn hơn so với tần số của nguồn âm.

HƯỚNG DẪN TRẢ LỜI

1. Câu sai: Khi sóng truyền đi, tất cả các phần tử của sóng đều dao động cùng pha với nhau. **Chọn C**
2. Khi sóng cơ học truyền đi thì mọi phần tử của sóng đều dao động với cùng một chu kì như nhau. **Chọn D**
3. Trên phương truyền sóng, hai điểm gần nhất dao động cùng pha với nhau cách nhau một khoảng bằng một bước sóng. **Chọn B**
4. Khi sóng truyền trên sợi dây, nếu đầu phản xạ là cố định thì sóng tới và sóng phản xạ có cùng chu kì, bước sóng và ngược pha. **Chọn D**
5. Thông tin sai: Những điểm nút và bụng luân phiên thay đổi vị trí cho nhau. **Chọn A**

6. Thông tin đúng: Phương trình sóng tại M là $u_M = A\sin 2\pi ft$. **Chọn A**

7. Nếu tại thời điểm t phương trình sóng tới tại N là $u_N = A\sin 2\pi ft$ thì biên độ sóng tổng hợp tại P là $|a| = \left|2A\sin 2\pi\frac{d}{\lambda}\right|$. **Chọn D**

8. Biên độ sóng tổng hợp tại M: $|a| = \left|2A\sin 2\pi\frac{d}{\lambda}\right|$. **Chọn A**

9. Khoảng cách giữa hai bụng sóng liên tiếp có giá trị bằng $\frac{1}{2}\lambda$. **Chọn C**

10. Câu sai: Trong hiện tượng sóng dừng, khoảng cách giữa hai nút sóng liên tiếp bằng một bước sóng. **Chọn B**

11. Biên độ dao động tổng hợp tại M đạt cực đại khi $d_1 - d_2 = k\lambda$. **Chọn A**

12. Biên độ dao động tại M đạt cực tiểu khi $d_1 - d_2 = (k + \frac{1}{2})\lambda$. **Chọn B**

13. Trong hiện tượng giao thoa của hai sóng, vân giao thoa có dạng là một họ các đường hypebol. **Chọn D**

14. Hai nguồn kết hợp có cùng bước sóng giao thoa với nhau, tạo ra những điểm có biên độ sóng cực tiểu tại những vị trí có hiệu số đường đi là một số bán nguyên lần bước sóng. **Chọn A**

15. Câu đúng: Quá trình nào diễn ra mà ta quan sát được hiện tượng giao thoa thì có thể khẳng định đó là quá trình sóng. **Chọn C**

16. Câu sai: Tai con người chỉ cảm nhận được những âm có tần số trong khoảng từ 16000Hz đến 20000Hz. Thực ra tai con người cảm nhận được những âm có tần số trong khoảng từ 16Hz đến 20000Hz. **Chọn D**

17. Câu sai: Sóng âm truyền rất tốt trong chân không. **Chọn C**

18. Câu **sai**: Tai người không thể nghe được âm có cường độ lớn hơn giá trị $1W/m^2$. **Chọn C**

19. Việc làm đó nhằm mục đích cơ bản là tạo ra những âm có âm sắc riêng khác nhau. **Chọn A**

20. Câu sai: Hiệu ứng Đốp-ple không thể xảy ra cả với sóng siêu âm hay sóng ánh sáng. **Chọn B**

Chương IV. DAO ĐỘNG VÀ SÓNG ĐIỆN TỪ

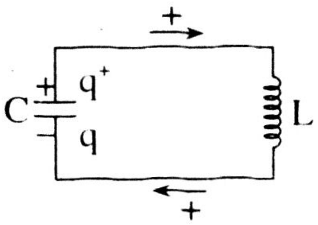
Bài 21-22 DAO ĐỘNG ĐIỆN TỪ. BÀI TẬP VỀ DAO ĐỘNG ĐIỆN TỪ

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Dao động điện trong mạch LC

Trong mạch dao động điện từ LC (hình 22), điện tích của tụ điện biến thiên theo phương trình:

$$q'' + \omega^2 q = 0 \text{ với } \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$



(Hình 22)

Các đại lượng điện q, i, u đều biến thiên tuần hoàn theo quy luật dạng sin. Các phương trình là:

$$q = q_0\cos(\omega t + \varphi)\ ;\ i = -\omega q_0\sin(\omega t + \varphi) \text{ và } u_{AB} = \frac{q_0}{C}\cos(\omega t + \varphi)$$

Biến thiên của điện trường và từ trường trong mạch LC gọi là dao động điện từ. Nếu không có tác động điện hoặc từ với bên ngoài thì dao động này gọi là dao động điện từ tự do; mạch LC có các đặc trưng riêng là:

– Tần số góc riêng: $\omega = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$.

– Chu kì riêng: $T = \dfrac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{LC}$.

– Tần số riêng: $f = \dfrac{1}{T} = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

2. Năng lượng điện từ trong mạch dao động

Tại một thời điểm t bất kì:

– Năng lượng điện trường tập trung trong tụ điện:

$$W_C = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} = \frac{q_0^2}{2C}\cos^2(\omega t + \varphi) = \frac{q_0^2}{4C} - \frac{q_0^2}{4C}\cos(2\omega t + \varphi).$$

– Năng lượng từ trường: $W_L = \dfrac{1}{2}Li^2 = \dfrac{L\omega^2 q_0^2}{2}\sin^2(\omega t + \varphi)$.

với $\omega^2 = \dfrac{1}{LC}$.

Năng lượng điện từ toàn phần của mạch dao động là:

$$W = W_C + W_L = \frac{q_0^2}{2C} = \text{const}.$$

Trong quá trình dao động của mạch, năng lượng điện trường và năng lượng từ trường luôn chuyển hoá cho nhau, nhưng tổng năng lượng điện từ không đổi.

3. Dao động điện từ tắt dần

Trong thực tế, các mạch dao động LC đều có điện trở R, tuy có thể là nhỏ. Trong quá trình dao động, mạch luôn luôn có nhiệt lượng toả ra do hiệu ứng

Jun-Lenxơ. Vì vậy, năng lượng toàn phần W ban đầu cung cấp cho mạch sẽ liên tục giảm đi, các biên độ dao động của điện tích, của cường độ dòng điện và của hiệu điện thế giảm dần theo thời gian. Dao động điện từ của mạch là dao động điện từ tắt dần.

4. Dao động điện từ duy trì

Muốn cho dao động điện từ không tắt dần ta có thể duy trì dao động bằng cách cấp thêm năng lượng cho mạch để bù vào phần năng lượng bị tiêu hao. Dao động điện từ khi ấy gọi là dao động điện từ duy trì.

5. Dao động điện từ cưỡng bức. Sự cộng hưởng

Mắc mạch LC có tần số dao động riêng là ω_0 nối tiếp với một nguồn điện ngoài có hiệu điện thế biến thiên $u = U_0\cos\omega t$. Lúc này dòng điện trong mạch LC sẽ biến thiên theo tần số ω của nguồn điện ngoài chứ không thể dao động theo tần số riêng ω_0 được nữa. Dao động điện từ lúc này gọi là dao động điện từ cưỡng bức.

Khi thay đổi tần số ω của nguồn điện ngoài thì biên độ của dao động điện trong mạch thay đổi theo. Khi $\omega = \omega_0$ thì biên độ dao động điện đạt giá trị cực đại. Hiện tượng này gọi là sự cộng hưởng.

6. Sự tương tự điện - cơ

Sau khi khảo sát dao động cơ của con lắc và dao động điện từ, ta thấy chúng có nhiều điểm tương tự về quy luật biến đổi theo thời gian và các đại lượng.

Sự đồng nhất về dạng này không chỉ là hình thức, mà là đồng nhất về quy luật biến đổi theo thời gian. Điều đó dẫn đến một loạt các đặc tính giống nhau của hai loại dao động đó: tính tuần hoàn, chu kì riêng, tần số riêng, bảo toàn và chuyển hoá năng lượng, sự tắt dần của dao động, việc duy trì dao động, sự cộng hưởng ...

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Trong một mạch dao động LC có điện dung là 5μF, cường độ tức thời của dòng điện là $i = 0{,}05\sin 2000t$ (A). Tìm độ tự cảm và biểu thức cho điện tích của tụ.

2. Một mạch dao động LC có năng lượng là 36.10^{-6}J và điện dung của tụ điện C là 2,5μF. Tìm năng lượng tập trung tại cuộn cảm khi hiệu điện thế giữa hai bản cực tụ điện là 3V.

3. Một mạch dao động LC có tụ điện C = 25pF và cuộn cảm $L = 10^{-4}$H. Biết ở thời điểm ban đầu cường độ dòng điện là cực đại và bằng 40mA. Tìm biểu thức của cường độ dòng điện, của điện tích trên bản tụ và biểu thức của hiệu điện thế giữa hai bản cực của tụ điện.

4. Mạch dao động gồm tụ C = 0,5μF và cuộn dây có độ tự cảm L = 5mH.

   a) Tính năng lượng toàn phần của mạch điện và điện tích cực đại trên bản tụ điện khi hiệu điện thế cực đại trên tụ điện bằng 6V. Hãy tính năng lượng điện trường, năng lượng từ trường và cường độ dòng điện trong mạch ở thời điểm mà hiệu điện thế trên tụ điện bằng 4V. Coi điện trở thuần của cuộn dây không đáng kể.

   b) Nếu cuộn dây có điện trở R = 0,1Ω, muốn duy trì dao động điều hoà trong mạch với hiệu điện thế cực đại trên tụ điện vẫn bằng 6V thì phải cung cấp cho mạch một năng lượng có công suất bằng bao nhiêu?

5. Một cuộn dây thuần cảm mắc với một tụ điện có điện dung $0,5\mu F$ thành một mạch dao động. Hệ số tự cảm của cuộn dây phải bằng bao nhiêu để tần số riêng của mạch dao động có các giá trị là 900Hz và 4MHz.

6. Dùng tần số kế đo tần số dao động của một mạch LC, ta thấy kết quả 356Hz.

   a) Mắc thêm tụ điện $C_1 = 10\ \mu F$ song song với tụ điện của mạch ban đầu thì tần số dao động của mạch là 290,7 Hz. Tính điện dung C và độ tự cảm L của mạch ban đầu.

   b) Nếu mắc tụ C_1 nối tiếp vào mạch ban đầu thì tần số là bao nhiêu?

7. Một tụ điện có $C = 200\mu F$ được tích điện đến điện áp 10V.

   a) Tính năng lượng của tụ điện.

   b) Nối tụ điện đã tích điện vào hai đầu cuộn dây có $L = 0,5H$. Tính tần số dao động của mạch và biên độ cường độ dòng điện trong mạch.

8. Một mạch dao động gồm tụ điện có $C = 15000pF$ và cuộn thuần cảm có $L = 5\mu H$. Điện áp cực đại giữa hai bản tụ là $U_0 = 1,2V$. Tính cường độ dòng điện chạy trong mạch.

9. Cường độ dòng điện tức thời trong một mạch dao động có biểu thức là $i = 0,04\sin 2000t$ (A). Tụ điện có điện dung $C = 2\mu F$.

   a) Tính độ tự cảm L cuả cuộn dây.

   b) Tính năng lượng của dao động.

10. Một mạch dao động gồm một tụ điện có $C = 18000$ pF và một cuộn thuần cảm có $H = 6\mu H$, điện trở không đáng kể. Điện áp cực đại ở hai đầu tụ điện là $U_0 = 2,4$ V. Tính cường độ dòng điện trong mạch.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Từ biểu thức dòng điện $i = 0,05\sin 2000t$ (A), ta thấy: $I_0 = 0,05A$, tần số góc $\omega = 2000$rad/s.

   Từ $\omega = \dfrac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow L = \dfrac{1}{\omega^2 C} = \dfrac{1}{2000^2.5.10^{-6}} = 0,05H.$

   Điện tích cực đại trên tụ: $q_0 = \dfrac{I_0}{\omega} = \dfrac{0,05}{2000} = 2,5.10^{-5}C.$

   Vì q trễ pha $\dfrac{\pi}{2}$ so với i nên : $q = 2,5.10^{-5}\cos(2000t - \dfrac{\pi}{2})$ (C).

2. Khi hiệu điện thế giữa hai bản cực tụ điện là 3V thì năng lượng điện trường là $W_d = \dfrac{1}{2}Cu^2 = \dfrac{1}{2}.2,5.10^{-6}.3^2 = 11,25.10^{-6}J.$

   Năng lượng từ trường tập trung ở cuộn cảm:

   $$W_t = W - W_d = 36.10^{-6} - 11,25.10^{-6} = 24,75.10^{-6}J.$$

3. Tần số góc : $\omega = \dfrac{1}{\sqrt{LC}} = \dfrac{1}{\sqrt{25.10^{-12}.10^{-4}}} = 2.10^7$rad/s.

   Ta có: $q = q_0\cos(\omega t + \varphi)$ và $i = q' = -\omega q_0\sin(\omega t + \varphi)$.

Tại $t = 0$ thì $i = I_0 = \omega q_0 \Rightarrow -\sin\varphi = 1 \Rightarrow \varphi = -\dfrac{\pi}{2}$.

- Biểu thức của dòng điện:

$i = -40\sin(2.10^7t - \dfrac{\pi}{2})$ (mA) hay $i = 40\cos 2.10^7t$ (mA)

Ta có: $q_0 = \dfrac{I_0}{\omega} = \dfrac{4.10^{-2}}{2.10^7} = 2.10^{-9}$C.

- Biểu thức của điện tích: $q = 2.10^{-9}\cos(2.10^7t - \dfrac{\pi}{2})$ (C).

- Biểu thức của hiệu điện thế : $u = \dfrac{q}{C} = 80\cos(2.10^7t - \dfrac{\pi}{2})$(V).

4. a) Năng lượng toàn phần: $W = \dfrac{CU_0^2}{2} = \dfrac{0,5.10^{-6}.6^2}{2} = 9.10^{-6}$ J.

Điện tích cực đại trên tụ: $Q_0 = CU_0 = 0,5.10^{-6}.6 = 3.10^{-6}$C

* Khi hiệu điện thế trên tụ điện $u = 4$ V.

- Năng lượng điện trường: $W_đ = \dfrac{1}{2}Cu^2 = \dfrac{1}{2}.0,5.10^{-6}.4^2 = 4.10^{-6}$J.

- Năng lượng từ trường: $W_t = W - W_đ = 5.10^{-6}$ J.

- Từ $W_t = \dfrac{1}{2}Li^2 \Rightarrow i = \sqrt{\dfrac{2W_t}{L}} = i = \sqrt{\dfrac{2.5.10^{-6}}{5.10^{-3}}} = 0,045$A.

b) Để duy trì dao động điều hoà phải cung cấp cho mạch một năng lượng có công suất đủ bù vào phần năng lượng hao phí do toả nhiệt trên điện trở, phần này có công suất $P = RI^2$.

Sau khi đã cung cấp năng lượng đó ta có:

$\dfrac{1}{2}CU_0^2 = \dfrac{1}{2}LI_0^2 \Rightarrow CU^2 = LI^2$ (U, I là các giá trị hiệu dụng)

$\Rightarrow I^2 = \dfrac{C}{L}U^2$ và công suất $\mathscr{P} = RI^2 = \dfrac{CR}{L}U^2 = \dfrac{CRU_0^2}{2L}$

Thay số: $\mathscr{P} = \dfrac{0,5.10^{-6}.0,1.6^2}{2.5.10^{-3}} = 1,8.10^{-4}$W.

5. Từ $f = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow L_1 = \dfrac{1}{4\pi^2f^2C_1} = \dfrac{1}{4.3,14^2.900^2.0,5.10^{-6}} = 0,063$H.

$\Rightarrow L_2 = \dfrac{1}{4\pi^2f^2C_2} = \dfrac{1}{4.3,14^2.25.10^{12}.0,5.10^{-6}} = 6,36.10^{-9}$H.

6. Gọi f là tần số dao động ban đầu: $f = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 356$Hz.

a) Khi mắc song song C_1 với C thì ta được: $C' = C + C_1$.

Tần số dao động: $f' = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC'}} = 290{,}7\text{Hz}$

$\Rightarrow \dfrac{f}{f'} = \sqrt{\dfrac{C'}{C}} = \sqrt{\dfrac{C + C_1}{C}} \Rightarrow \dfrac{356}{290{,}7} \Rightarrow C = \dfrac{C_1}{0{,}50} = 20\mu F$

Độ tự cảm: $L = \dfrac{1}{4\pi^2 f^2 C} = 0{,}01H$

b) Khi mắc nối tiếp C_1 với C thì ta được: $\dfrac{1}{C''} = \dfrac{1}{C} + \dfrac{1}{C_1}$

Tần số dao động: $f = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC''}} = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}\sqrt{1 + \dfrac{C}{C_1}} = 616{,}6\text{Hz}.$

7. a) Năng lượng điện: $E_0 = \dfrac{1}{2}CU_0^2 = \dfrac{1}{2}.200.10^{-6}.10^2 = 0{,}01J$.

b) Tần số: $f_0 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \dfrac{1}{2.3{,}14\sqrt{0{,}5.200.10^{-6}}} = 15{,}9\text{Hz}$.

Từ $E_0 = \dfrac{1}{2}LI_0^2 \Rightarrow I_0 = \sqrt{\dfrac{2E_0}{L}} = \sqrt{\dfrac{2.0{,}01}{0{,}5}} = 0{,}2A$.

8. Từ $E_0 = \dfrac{1}{2}LI_0^2 = \dfrac{1}{2}CU_0^2 \Rightarrow I_0 = \sqrt{\dfrac{C}{L}}.U_0 = \sqrt{\dfrac{15.10^{-9}}{5.10^{-6}}}.1{,}2 = 0{,}066A$

Cường độ hiệu dụng: $I = \dfrac{I_0}{\sqrt{2}} = \dfrac{0{,}066}{\sqrt{2}} = 0{,}047A$.

9. a) Từ $\omega = \dfrac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow L = \dfrac{1}{\omega^2 C} = \dfrac{1}{2000^2.2.10^{-6}} = 0{,}125H$

b) Năng lượng: $E = \dfrac{1}{2}LI_0^2 = \dfrac{1}{2}.0{,}125.(0{,}04)^2 = 10^4J.$

10. Năng lượng điện cực đại : $W_{dmax} = \dfrac{CU_0^2}{2}$.

Năng lượng từ cực đại: $W_{tmax} = \dfrac{LI_0^2}{2}$.

Theo định luật bảo toàn năng lượng : $\dfrac{LI_0^2}{2} = \dfrac{CU_0^2}{2}$

$\Rightarrow I_0 = U_0\sqrt{\dfrac{C}{L}} = 2{,}4\sqrt{\dfrac{18000.10^{-12}}{6.10^{-6}}} = 0{,}13A.$

Cường độ dòng điện : $I = \dfrac{I_0}{\sqrt{2}} = \dfrac{0{,}13}{\sqrt{2}} = 0{,}092\ A.$

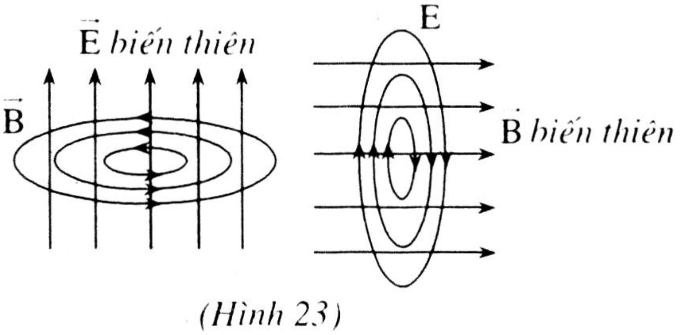
Bài 23-24 — ĐIỆN TỪ TRƯỜNG. SÓNG ĐIỆN TỪ

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Điện trường xoáy và từ trường xoáy

– Trong vùng không gian có từ trường biến thiên theo thời gian thì trong vùng đó xuất hiện điện trường xoáy (hình 23).

Điện trường xoáy có một đặc điểm là đường sức của nó không có điểm khởi đầu và cũng không có điểm kết thúc như đường sức của điện trường tĩnh mà nó là đường cong khép kín.



(Hình 23)

– Trong vùng không gian có điện trường biến thiên theo thời gian thì trong vùng đó cũng xuất hiện một từ trường xoáy.

2. Điện từ trường

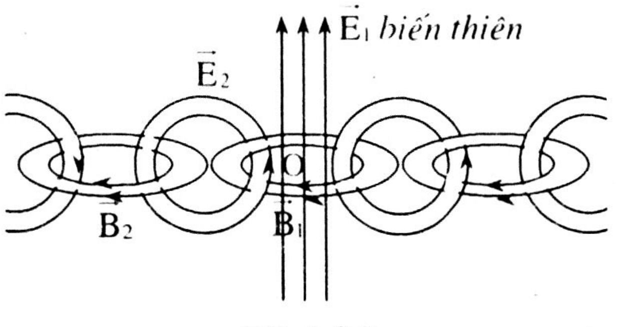
Giữa điện trường và từ trường có mối liên quan chặt chẽ với nhau. Trong vùng không gian có từ trường biến thiên theo thời gian thì xuất hiện điện trường xoáy, và có điện trường biến thiên theo thời gian thì xuất hiện từ trường xoáy trong vùng đó.

Từ trường và điện trường cùng tồn tại trong không gian. Chúng có thể chuyển hoá lẫn nhau trong một trường thống nhất gọi là điện từ trường.

3. Sóng điện từ

Nếu tại một điểm O nào đó có một điện trường biến thiên $\vec{E}_1$ thì ngay lập tức xuất hiện ở các điểm lân cận nó một từ trường biến thiên $\vec{B}_1$. Tiếp theo, vì có từ trường biến thiên nên lại xuất hiện một điện trường biến thiên $\vec{E}_2$ ở vùng lân cận khác, rồi diễn biến tương tự, lại xuất hiện từ trường $\vec{B}_2$.

Sự phát sinh và chuyển hoá này cứ thế tiếp diễn và lan rộng ra ... $\vec{E}_1 \rightarrow \vec{B}_1 \rightarrow \vec{E}_2 \rightarrow \vec{B}_2 \rightarrow \vec{E}_3$ ... Quá trình lan truyền điện từ trường được gọi là sóng điện từ (hình 24).



(Hình 24)

4. Đặc điểm của sóng điện từ

- Tốc độ truyền sóng điện từ vào cỡ 300000 km/s, nghĩa là bằng tốc độ ánh sáng.
- Sóng điện từ là sóng ngang. Trong quá trình truyền sóng điện từ, vectơ cường độ điện trường $\vec{E}$ và vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ luôn vuông góc với nhau và cùng vuông góc với phương truyền của sóng theo quy tắc vặn đinh ốc. Cả $\vec{E}$ và $\vec{B}$ đều biến thiên tuần hoàn theo không gian và thời gian.

– Sóng điện từ có bước sóng là $\lambda = cT$, trong đó c là tốc độ ánh sáng, T là chu kì dao động điện từ $T = \frac{1}{f}$ (f là tần số của dao động điện từ).

5. **Tính chất của sóng điện từ**

Sóng điện từ có những tính chất sau:

– Trong quá trình điện từ trường lan truyền, sóng điện từ mang theo năng lượng.

– Nguồn phát sóng điện từ (còn gọi là chấn tử) rất đa dạng, có thể là bất cứ vật thể nào tạo ra một điện trường hoặc từ trường biến thiên ban đầu như tia lửa điện, dây dẫn điện xoay chiều, cầu dao đóng ngắt mạch điện ...

– Tuân theo các định luật truyền thẳng, phản xạ, khúc xạ.

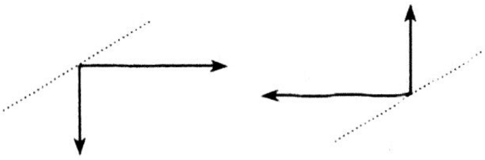
– Tuân theo các quy luật giao thoa, nhiễu xạ.

– Điều khác biệt với sóng cơ là sóng điện từ có thể truyền qua cả môi trường chân không.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Điện từ trường khác điện trường, từ trường ở những điểm cơ bản nào? Có ý kiến cho rằng không gian bao quanh một điện tích có thể chỉ có điện trường nhưng cũng quanh điện tích đó có thể có điện từ trường. Ý kiến này đúng hay sai ? Vì sao ?

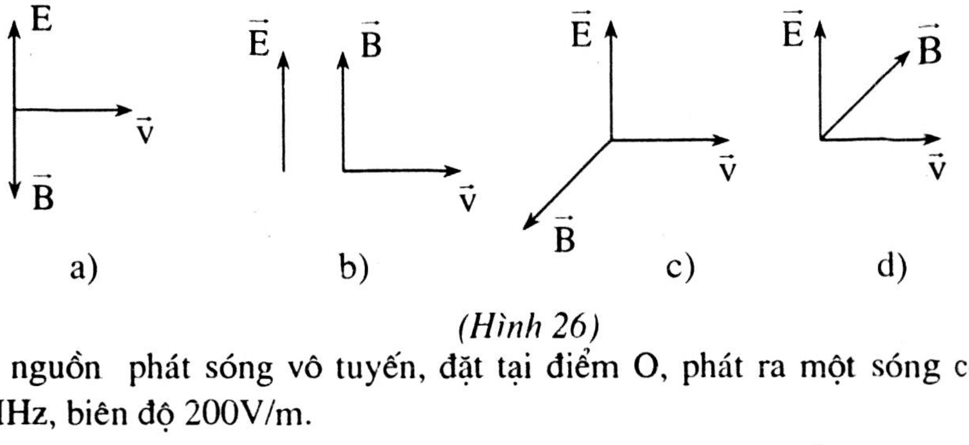
2. Tại sao lại nói sóng điện từ là sóng ngang ?
Trong hình 25, các vectơ nằm ngang biểu thị vận tốc truyền sóng điện từ, các vectơ thẳng đứng biểu thị cường độ điện trường. Hãy vẽ các vectơ cảm ứng từ tương ứng theo đường nét đứt.



(Hình 25)

3. Tại điểm A, B cách nhau 1km đặt hai máy phát điện từ giống hệt nhau. Một người cầm một máy thu sóng di chuyển trên đường thẳng AB. Hỏi tín hiệu thu được khi di chuyển ở các vị trí có như nhau không? Tại sao?

4. Trong các hình sau, hình nào diễn tả đúng phương và chiều của cường độ điện trường $\vec{E}$, cảm ứng từ $\vec{B}$ và tốc độ truyền sóng $\vec{v}$ của một sóng điện từ? (xem hình 26)



a) b) c) d)

(Hình 26)

5. Một nguồn phát sóng vô tuyến, đặt tại điểm O, phát ra một sóng có tần số 10MHz, biên độ 200V/m.

a) Tính bước sóng của sóng này. Coi vận tốc sóng bằng 3.10^8m/s.

b) Vectơ điện trường tại O có phương song song với trục Oz ; vectơ $\vec{B}$ có phương song song với trục Ox của một hệ trục tọa độ vuông góc Oxyz và có độ lớn 2.10^{-4}T. Viết phương trình dao động của cường độ điện trường và từ cảm tại O. Lấy pha dao động ban đầu bằng không.

c) Viết phương trình truyền của sóng điện từ theo phương Oy. Coi như biên độ của sóng không bị thay đổi khi lan truyền.

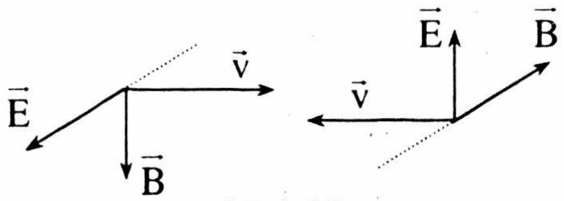
C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. – Điện từ trường là một dạng vật chất tồn tại khách quan trong thực tế, trong khi đó điện trường và từ trường chỉ là hai mặt của điện từ trường và chúng không bao giờ tồn tại riêng biệt.

– Nói một cách chính xác thì quanh một điện tích có điện từ trường. Không thể nói trong vùng không gian bao quanh một điện tích có thể chỉ có điện trường được vì theo lí thuyết của Mắcxoen thì không thể có điện trường tồn tại một cách độc lập.

2. Nói sóng điện từ là sóng ngang vì trong sóng điện từ, các vectơ $\vec{E}$ và $\vec{B}$ luôn vuông góc với nhau và vuông góc với phương truyền sóng.

Chú ý rằng, sóng điện từ là sóng ngang có vectơ $\vec{E}$ và vectơ $\vec{B}$ luôn vuông góc với nhau và vuông góc với phương truyền sóng $\overrightarrow{Ox}$. Trong đó $\vec{E}$, $\vec{B}$ và $\overrightarrow{Ox}$ lập thành một tam diện thuận.



(Hình 27)

Vectơ cảm ứng từ biểu diễn như hình 27.

3. Hai máy phát điện từ giống hệt nhau nên sóng do chúng phát ra là hai sóng kết hợp, khi chúng gặp nhau thì giao thoa với nhau nên tín hiệu thu được không giống nhau.

4. Chú ý rằng, chiều của cường độ điện trường $\vec{E}$, cảm ứng từ $\vec{B}$ và tốc độ truyền sóng $\vec{v}$ lập thành tam diện thuận (giả sử quay đinh ốc để nó tiến theo chiều của $\vec{v}$ thì vectơ $\vec{E}$ quay về phía $\vec{B}$). Hình c diễn tả đúng.

5. a) Bước sóng: $\lambda = \dfrac{v}{f} = \dfrac{3\cdot 10^8}{10\cdot 10^6} = 30$m.

b) Tại O : $E = E_0\cos 2\pi ft \Rightarrow E = 200\cos 2.10^7\pi t$ (V/m).

$B = B_0\cos 2\pi ft \Rightarrow B = 2.10^{-4}\cos 2.10^7\pi t$ (T).

c) Dao động của cường độ điện trường và từ cảm tại một điểm M bất kì theo phương Oy được diễn tả bằng các phương trình :

$$E = E_0\cos 2\pi f\left(t - \frac{y}{v}\right) \Rightarrow E = 200\cos 2.10^7\pi\left(t - \frac{y}{3.10^8}\right)\ \text{(V/m)}$$

$$B = B_0\cos 2\pi f\left(t - \frac{y}{v}\right) \Rightarrow B = 2.10^{-4}\cos 2.10^7\pi\left(t - \frac{y}{3.10^8}\right)\ \text{(T)}$$

BÀI 25 TRUYỀN THÔNG BẰNG SÓNG ĐIỆN TỪ

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Mạch dao động hở. Anten

Trong quá trình dao động điện từ, mạch LC hầu như không bức xạ ra bên ngoài. Mạch dao động như vậy là một mạch dao động kín.

Nếu tách xa hai cực của tụ điện C và tách xa các vòng của cuộn cảm L thì mạch dao động trở thành một mạch dao động hở. Điện từ trường có thể lan toả trong không gian thành sóng điện từ và có khả năng truyền đi rất xa. Anten chính là biến thái của mạch dao động hở dùng để bức xạ sóng điện từ.

2. Nguyên tắc truyền thông bằng sóng điện từ

Để truyền được các thông tin như âm thanh, hình ảnh ... đến những nơi xa, người ta đều áp dụng một quy trình chung là:

– Biến các âm thanh (hoặc hình ảnh ...) muốn truyền đi thành các dao động điện tần số thấp gọi là các tín hiệu âm tần (hoặc thị tần).

– Dùng sóng điện từ tần số cao (cao tần) mang các tín hiệu âm tần đi xa qua anten phát.

– Dùng máy thu nối với anten thu để chọn và thu lấy sóng điện từ cao tần.

– Tách tín hiệu ra khỏi sóng cao tần rồi dùng loa để nghe âm thanh đã truyền tới (hoặc dùng màn hình để xem hình ảnh).

3. Một số mạch điện cơ bản trong máy phát và thu sóng điện từ

a) Mạch tạo sóng cao tần

Mạch này tương tự như mạch tạo dao động điện từ duy trì trong mạch dao động LC.

b) Mạch biến điệu (còn gọi là mạch trộn sóng)

Mạch này thực chất là một mạch tạo dao động cao tần có ghép thêm một ống nói vào mạch cực gốc của tranzito. Mạch có tác dụng tạo ra một dao động điện duy trì với tần số cao nhưng biên độ thì biến thiên theo dao động âm tần.

Trong kĩ thuật, người ta còn có thể biến điệu tần số (gọi là điều tần) biến điệu pha (gọi là điều pha).

c) Mạch chọn sóng

Mạch này có nhiệm vụ chọn lọc trong vô số các sóng điện từ cao tần đến anten để thu lấy một sóng muốn thu dựa trên hiện tượng cộng hưởng.

d) Mạch tách sóng

Mạch này có tác dụng tách dao động âm tần ra khỏi dao động cao tần đã biến điệu.

e) Mạch khuếch đại

Mạch này dùng để khuếch đại dao động âm tần vừa được tách ra để đưa ra loa tái lập âm thanh.

4. Sự truyền sóng điện từ quanh Trái Đất

Các quá trình truyền sóng điện từ trong thông tin quanh Trái Đất có đặc điểm rất khác nhau, tùy thuộc vào độ dài bước sóng, điều kiện môi trường trên mặt đất và tính chất của bầu khí quyển. Trong đó, đặc biệt quan trọng là tầng điện li ở độ cao khoảng từ 100 đến 300 km, có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình truyền sóng điện từ. Trên tầng điện li, các phân tử bị ion hoá do các tia Mặt

Trời hoặc các tia vũ trụ, nó có khả năng dẫn điện, nên có thể phản xạ sóng điện từ như một mặt kim loại.

Người ta chia sóng điện từ thành các dải sóng:

– Các loại sóng dài, trung và ngắn đều bị tầng điện li phản xạ với mức độ khác nhau, do đó các sóng này có thể đi vòng quanh Trái Đất do nhiều lần phản xạ giữa tầng điện li và Trái Đất. Người ta thường dùng các loại sóng này trong truyền thanh, truyền hình trên mặt đất.

– Sóng cực ngắn không bị phản xạ trên tầng điện li mà đi xuyên qua tầng điện li, hoặc chỉ có khả năng truyền thẳng từ nơi phát đến nơi thu. Sóng này thường dùng để thông tin trong cự li vài chục kilômet hoặc truyền hình qua vệ tinh.

5. Truyền thông bằng cáp

Ngày nay, ngoài việc sử dụng sóng điện từ truyền tin trong không gian mà không dùng dây dẫn, người ta còn sử dụng nhiều loại dây dẫn để truyền sóng điện từ như các kĩ thuật truyền hình cáp, internet cáp, các cáp truyền thông dẫn ngầm qua biển giữa các châu lục.

Đây là một bước tiến mới về khoa học kĩ thuật truyền thông, nhằm hạn chế tối đa việc mất mát năng lượng sóng trong những vùng không gian không sử dụng sóng và cũng hạn chế gây ô nhiễm môi trường vì sóng điện từ. Đồng thời việc truyền sóng điện từ qua cáp đã nâng chất lượng truyền thông lên nhiều, do ít bị nhiễu bởi môi trường ngoài.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Tại sao người ta có thể dùng mạch dao động LC để chọn sóng trong các máy thu ?
2. Tính tần số của các sóng ngắn có bước sóng 25m, 31m và 41m. Biết tốc độ truyền sóng điện từ là 3.10^8m/s.
3. Mạch chọn sóng của một máy thu có một cuộn cảm L = 1mH và một tụ điện biến thiên từ 9,7pF đến 92pF. Hỏi máy thu này có thể thu được các sóng điện từ có bước sóng trong khoảng nào ?
4. Một người dùng cuộn dây có độ tự cảm $L = 2.10^{-6}$H và tụ điện có điện dung C = 1800pF mắc thành mạch dao động trong máy thu vô tuyến để bắt sóng. Mạch này có thể thu được sóng vô tuyến điện có bước sóng là bao nhiêu?
5. Mạch dao động bắt tín hiệu của một máy thu vô tuyến điện gồm một cuộn cảm với độ tự cảm biến thiên từ 0,3μH đến 12μH và một tụ điện với điện dung biến thiên từ 20pF đến 800pF. Máy đó có thể bắt các sóng vô tuyến điện trong dải sóng nào?
6. Trong một mạch dao động bắt tín hiệu của một máy thu vô tuyến điện, một tụ điện có điện dung biến thiên từ 50pF đến 680pF. Muốn cho máy thu bắt được các sóng từ 45m đến 3000m, cuộn cảm trong mạch phải có độ tự cảm nằm trong giới hạn nào ?
7. Một mạch dao động gồm một tụ điện có điện dung C biến thiên và một cuộn cảm có độ tự cảm cũng biến thiên.

   a) Điều chỉnh L = 15mH và C = 300pF. Tính tần số của mạch.

   b) Mạch dao động này được dùng trong một máy thu vô tuyến. Người ta điều chỉnh L và C để bắt được sóng vô tuyến có bước sóng 25m, biết $L = 10^{-6}$H. Tính C khi đó.

8. Mạch dao động của một máy thu thanh (mạch chọn sóng) gồm một cuộn cảm L và một tụ điện C.

a) Muốn "bắt" được sóng $\lambda = 40m$ thì phải chọn hệ số tự cảm L bằng bao nhiêu, cho C = 3pF.

b) Giả sử cuộn cảm của mạch có L = 10μH. Phải chọn tụ điện có điện dung bằng bao nhiêu để máy có thể "bắt" được sóng $\lambda = 25m$. Muốn cho máy bắt được sóng có bước sóng trong khoảng từ 10m đến 100m thì phải dùng tụ điện có điện dung biến thiên trong khoảng nào ?

9. Một mạch dao động gồm có cuộn dây L = 0,2mH và tụ điện có điện dung C có thể thay đổi được từ 12pF đến 400pF.

a) Tính các tần số góc riêng có thể có của mạch.

b) Nếu mạch được dùng làm mạch chọn sóng trong máy thu vô tuyến điện thì máy thu bắt được các sóng có bước sóng nằm trong khoảng nào?

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Sở dĩ người ta có thể dùng mạch dao động LC để chọn sóng trong các máy thu là vì mạch dao động LC có thể điều chỉnh tần số dao động riêng bằng đúng tần số của sóng muốn thu để có hiện tượng cộng hưởng.

Khi muốn thu sóng có tần số f của một đài phát nhất định, người ta điều chỉnh điện dung của tụ điện trong mạch dao động của máy thu để dao động riêng của mạch cũng có tần số bằng f. Khi đó có hiện tượng cộng hưởng, và trong mạch LC dao động với tần số f có biên độ lớn hơn hẳn các dao động khác. Đó là nguyên tắc chọn sóng

2. Ta có công thức tính tần số $f = \frac{v}{\lambda}$.

– Với $\lambda = 25m$ thì $f = \frac{3.10^8}{25} = 12$ MHz.

– Với $\lambda = 31m$ thì $f = \frac{3.10^8}{31} = 9,68$ MHz.

– Với $\lambda = 41m$ thì $f = \frac{3.10^8}{41} = 7,32$ MHz.

3. Áp dụng công thức $\lambda = cT = \frac{2\pi c}{\omega}$.

Với $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ta có: $\lambda = 2\pi c\sqrt{LC}$.

– Khi C = 9,7pF thì $\lambda_1 = 2.3,14.3.10^8\sqrt{10^{-3}.9,7.10^{-12}} = 185,55m$.

– Khi C = 92pF thì $\lambda_2 = 2.3,14.3.10^8\sqrt{10^{-3}.92.10^{-12}} = 571,45m$.

Vậy máy thu có thể thu được các sóng điện từ có bước sóng nằm trong khoảng từ 185,55m đến 571,45m.

4. Muốn thu được sóng thì tần số của sóng cần thu phải bằng tần số dao động riêng của mạch dao động: $f = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

Bước sóng thu được: $\lambda = \dfrac{c}{f}$

$\lambda = 3.10^8.2.3,14\sqrt{2.10^{-6}.1800.10^{-12}} = 113,04\text{m}.$

5. Từ $\lambda = \dfrac{c}{f}$ và $f = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow \lambda = c.2\pi\sqrt{LC}$

Bước sóng nhỏ nhất ứng với các giá trị : $L = 0,3\mu H$ và $C = 20pF$.

Khi đó: $\lambda_{min} = 3.10^8.2.3,14.\sqrt{0,3.10^{-6}.20.10^{-12}} = 4,61\text{m}.$

Bước sóng lớn nhất ứng với các giá trị : $L = 12\mu H$ và $C = 800pF$.

Khi đó $\lambda_{max} = 3.10^8.2.3,14.\sqrt{12.10^{-6}.800.10^{-12}} = 639,4$ m.

Vậy máy có thể bắt các sóng vô tuyến điện trong dải sóng từ 4,61m đến 639,4m.

6. Từ $\lambda = \dfrac{c}{f}$ và $f = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow \lambda = c.2\pi\sqrt{LC} \Rightarrow L = \dfrac{\lambda^2}{c^2 4\pi^2 C}$

Muốn bắt sóng có λ nhỏ nhất, phải điều chỉnh cho C nhỏ nhất và chọn:

$$L_1 = \frac{45^2}{9.10^{16}.4.3,14^2.50.10^{-12}} = 0,11.10^{-4}\text{H}.$$

Muốn bắt sóng có λ lớn nhất, phải điều chỉnh cho C lớn nhất và chọn:

$$L_2 = \frac{3000^2}{9.10^{16}.4.3,14^2.680.10^{-12}} = 37,29.10^{-4}\text{H}.$$

Vậy $0,11.10^{-4}\text{ H} \le L \le 37,29.10^{-4}\text{ H}.$

7. a) Tần số: $f = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \dfrac{1}{2.3,14\sqrt{15.10^{-3}.300.10^{-12}}} = 75,075$ kHz

b) Từ $\lambda = c.2\pi\sqrt{LC} \Rightarrow C = \dfrac{\lambda^2}{c^2 4\pi^2 L}$

Thay số: $C = \dfrac{25^2}{9.10^{16}.4.3,14^2.10^{-6}} = 1,76.10^{-10}$ F.

8. Muốn bắt được sóng điện từ có bước sóng λ, tần số dao động riêng f_0 của mạch dao động của máy phải bằng tần số f của sóng điện từ: $f_0 = f$ hay $\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \dfrac{c}{\lambda}$ với $c = 3.10^8$m/s.

a) Với $\lambda = 40$m; $C = 3.10^{-12}$F

Độ tự cảm: $L = \dfrac{\lambda^2}{4\pi^2c^2C} = 1,5.10^{-4}\text{ H}.$

b) Với $\lambda = 25$m; $L = 10\mu H = 10^{-5}$H

Điện dung: $C = \dfrac{\lambda^2}{4\pi^2c^2L} = 1,76.10^{-11}\text{ F} = 17,6\text{pF}$

c) Với $\lambda_1 = 10m$: $C_1 = \frac{\lambda_1^2}{4\pi^2c^2L} = 2,28pF$.

Với $\lambda_2 = 100m$: $C_1 = \frac{\lambda_2^2}{4\pi^2c^2L} = 0,282nF$.

Vậy tụ điện của mạch phải có điện dung biến thiên trong khoảng:

$$2,82pF \leq C \leq 0,282nF.$$

9. a) Với $C = C_1 = 25pF = 25.10^{-12}F$ thì:

$$\omega_{01} = \frac{1}{\sqrt{LC_1}} = \frac{1}{\sqrt{0,2.10^{-3}.12.10^{-12}}} \approx 2.10^7 \text{ rad/s}.$$

Với $C = C_2 = 450pF = 450.10^{-12}F$ thì:

$$\omega_{02} = \frac{1}{\sqrt{LC_2}} = \frac{1}{\sqrt{0,2.10^{-3}.450.10^{-12}}} = 0,33.10^7 \text{ rad/s}.$$

Vậy ω_0 nằm trong khoảng từ $0,33.10^7$ rad/s đến 2.10^7 rad/s.

b) Máy thu bắt được các sóng có bước sóng trong khoảng từ λ_1 đến λ_2 tính bởi:

$$\lambda_1 = c.\frac{2\pi}{\omega_{01}} = \frac{3.10^8.2.3,14}{2.10^7} = 94,2m$$

$$\lambda_2 = c.\frac{2\pi}{\omega_{02}} = \frac{3.10^8.2.3,14}{0,33.10^7} = 571m$$

Vậy, máy thu bắt được sóng có bước sóng từ 94,2m đến 571m.

CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM ÔN TẬP CUỐI CHƯƠNG

1. Trong mạch dao động điện từ tự do LC, nếu điện tích của tụ điện biến thiên điều hoà theo phương trình $q = q_0\cos(\omega t + \varphi)$ thì:

A. tần số của dao động xác định bởi $f = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}}$.

B. phương trình hiệu điện thế của tụ điện là $u = \frac{q_0}{C}\cos(\omega t - \varphi)$.

C. tần số góc của dao động xác định bởi $\omega = \frac{2\pi}{\sqrt{LC}}$.

D. phương trình dòng điện trong mạch là $i = -\omega q_0\sin(\omega t + \varphi)$.

2. Trong mạch dao động điện từ tự do LC, so với hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện thì dòng điện trong mạch luôn:

A. nhanh pha hơn một góc $\frac{\pi}{2}$.

B. nhanh pha hơn một góc $\frac{\pi}{4}$.

C. cùng pha.

D. chậm pha hơn một góc $\frac{\pi}{2}$.

3. Trong mạch dao động điện từ tự do LC, nếu điện tích của tụ điện biến thiên điều hoà theo phương trình $q = q_0\cos(\omega t + \varphi)$ thì dòng điện trong mạch biến thiên theo phương trình:

A. $i = \dfrac{1}{\omega q_0}\cos(\omega t + \varphi + \dfrac{\pi}{2})$. B. $i = \omega q_0\cos^2(\omega t + \varphi + \dfrac{\pi}{2})$.

C. $i = \omega q_0\cos(\omega t + \varphi + \dfrac{\pi}{2})$. D. $i = \omega q_0\cos(\omega t + \varphi)$.

4. Trong mạch dao động điện từ tự do LC, nếu điện tích của tụ điện có giá trị cực đại là q_0 thì tại thời điểm t bất kì, năng lượng điện trường tích lũy trong tụ điện là:

A. $W_C = \dfrac{q_0^2}{2C}\cos^2(\omega t + \varphi)$. B. $W_C = \sqrt{\dfrac{q_0}{2C}}\cos^2(\omega t + \varphi)$.

C. $W_C = \dfrac{q_0^2}{2C}\sin^2(\omega t + \varphi)$. D. $W_C = \dfrac{q_0^2}{2C}\cos^2(\omega t - \varphi)$.

5. Một mạch LC dao động điện từ tự do với tần số góc ω, nếu điện tích của tụ điện có giá trị cực đại là q_0 thì năng lượng toàn phần của mạch là:

A. $W = \dfrac{q_0^2}{2LC}$. B. $W = \dfrac{L\omega^2 q_0^2}{2}$. C. $W = \dfrac{LC}{2q_0^2}$. D. $W = \dfrac{L^2\omega^2 q_0^2}{2}$.

6. Chọn câu **đúng**.

Trong mạch LC dao động điện từ điều hoà:

A. năng lượng của tụ điện và của cuộn cảm không thể có giá trị bằng nhau.

B. năng lượng điện trường trong tụ điện và năng lượng từ trường trong cuộn cảm luôn ngược pha nhau.

C. tại mọi thời điểm, năng lượng điện trường trong tụ điện và năng lượng từ trường của cuộn cảm luôn bằng nhau.

D. cường độ dòng điện trong mạch luôn sớm pha $\dfrac{\pi}{2}$ so với hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện.

7. Trong mạch LC dao động điện từ tự do với tần số góc ω, gọi q_0 là giá trị lớn nhất của điện tích trong tụ điện. Nếu tại thời điểm t, năng lượng điện trường trong tụ điện là $W_C = \dfrac{q_0^2}{6C}$ thì năng lượng từ trường trong cuộn cảm là:

A. $W_L = \dfrac{q_0^2}{6C}$. B. $W_L = \dfrac{3q_0^2}{C}$. C. $W_L = \dfrac{2}{3}L\omega^2 q_0^2$. D. $W_L = \dfrac{1}{3}L\omega^2 q_0^2$.

8. Khi mạch dao động LC thực hiện dao động điện từ thì quá trình nào sau đây diễn ra?

A. Năng lượng điện trường và năng lượng từ trường luôn có giá trị bằng nhau.

B. Biến đổi không tuần hoàn của cường độ dòng điện qua cuộn dây.

C. Điện tích của tụ điện biến thiên theo quy luật hàm số hình sin theo thời gian.

D. Biến đổi không tuần hoàn của hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện.

9. Trong dao động điện từ và dao động cơ học, cặp đại lượng cơ – điện nào sau đây có vai trò **không** tương đương nhau?

A. Hệ số ma sát động và điện trở R. B. Lực F và hiệu điện thế thế u.

C. Toạ độ x và điện tích q. D. Độ cứng k và điện dung C.

10. Điện trường xoáy chỉ xuất hiện khi:

A. có dòng điện chạy qua một dây dẫn thẳng.

B. các hạt mang điện chuyển động theo một đường cong khép kín.

C. có sự biến thiên của từ trường theo thời gian.

D. mạch dao động LC dao động điện từ tự do không tắt dần.

11. Theo thuyết Mác-xoen về điện từ trường thì:

A. khi từ trường biến thiên càng nhanh thì cường độ điện trường xoáy càng lớn.

B. điện trường và từ trường tồn tại riêng biệt, độc lập với nhau và hoàn toàn khác nhau về bản chất.

C. điện trường và từ trường có bản chất giống hệt nhau.

D. khi điện trường càng lớn thì từ trường cũng càng lớn.

12. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Khi điện trường biến thiên theo thời gian thì nó sẽ làm xuất hiện từ trường có các đường sức từ bao quanh các đường sức của điện trường.

B. Điện trường xoáy cũng có tác dụng lực điện lên các hạt mang điện.

C. Đường sức của điện trường xoáy là những đường thẳng song song cách đều nhau.

D. Điện trường và từ trường là hai biểu hiện cụ thể của trường điện từ.

13. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Tương tác điện từ thực hiện thông qua điện từ trường xảy ra với một vận tốc hữu hạn.

B. Vận tốc truyền tương tác điện từ bằng vận tốc truyền âm trong môi trường.

C. Quá trình lan truyền trong không gian của điện từ trường biến thiên tuần hoàn theo thời gian là một quá trình sóng.

D. Sóng điện từ lan truyền được trong chân không.

14. Trong quá trình truyền sóng điện từ, vectơ cường độ điện trường $\vec{E}$ và vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ luôn:

A. có phương vuông góc với nhau và vuông góc với phương truyền sóng.

B. có phương song song và ngược chiều.

C. có phương song song và cùng chiều.

D. có phương trùng với phương truyền sóng.

15. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Nếu vận tốc truyền sóng trong môi trường càng lớn thì bước sóng của nó cũng càng lớn.

B. Khi sóng điện từ truyền đi, tại mỗi điểm điện trường và từ trường biến thiên tuần hoàn theo thời gian và ngược pha.

C. Mật độ năng lượng của trường điện từ tạo nên bởi sóng tại mỗi điểm trong không gian tăng theo lũy thừa bậc bốn của tần số sóng.

D. Khi một điện tích dao động, nó luôn bức xạ ra sóng điện từ.

16. So với mạch dao động kín thì lợi thế của mạch dao động hở là:

A. có thể tập trung được nhiều điện tích trong tụ điện hơn.

B. có thể bức xạ các điện tích ra không gian xung quanh.

C. có thể biến điện trường thành từ trường và ngược lại dễ dàng.

D. có thể bức xạ sóng điện từ.

17. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Khi hai bản tụ điện được đặt vuông góc nhau thì mạch dao động hở được gọi là anten.

B. Trong mạch dao động kín, nếu bỏ qua hiệu ứng toả nhiệt Jun – Len-xơ thì điện tích của tụ điện biến thiên theo quy luật dạng sin theo thời gian.

C. Sự bức xạ sóng điện từ càng tốt nếu mạch dao động càng hở.

D. Mạch dao động kín hầu như không phát sóng điện từ ra không gian bên ngoài.

18. Ở các máy phát vô tuyến điện, người ta phải tạo ra các dao động điện từ cao tần. Việc làm này có mục đích là làm cho sóng điện từ:

A. có biên độ lớn hơn.
B. dễ bức xạ ra khỏi mạch dao động.
C. có thể truyền được đi xa.
D. dễ bức xạ ra khỏi anten hơn.

19. Biến điệu tần số của dao động cao tần là làm cho:

A. tần số của dao động cao tần biến thiên theo quy luật biến thiên của tín hiệu cần truyền đi.

B. tần số của dao động cao tần bằng tần số dao động riêng của mạch dao động.

C. tần số của tín hiệu cần truyền bằng tần số của dao động cao tần.

D. tần số của tín hiệu cần truyền đi đạt giá trị lớn nhất.

20. Điều nào sau đây là **sai** khi nói về tầng điện li?

A. Tầng điện li có độ cao so với mặt đất từ 100km đến 300km.

B. Tầng điện li thực chất là lớp khí bị iôn hoá bởi các bức xạ điện từ, các hạt mang điện từ Mặt Trời đi tới hay của tia vũ trụ.

C. Tầng điện li là môi trường dẫn điện.

D. Tầng điện li luôn làm cho sóng vô tuyến bị phản xạ.

HƯỚNG DẪN TRẢ LỜI

1. Trong mạch dao động điện từ tự do LC, nếu điện tích của tụ điện biến thiên điều hoà theo phương trình $q = q_0\cos(\omega t + \varphi)$ thì phương trình dao động trong mạch là $i = -\omega q_0\sin(\omega t + \varphi)$. **Chọn D**

2. Dòng điện trong mạch luôn nhanh pha hơn hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện một góc $\frac{\pi}{2}$. **Chọn A**

3. Trong mạch LC, nếu điện tích của tụ điện biến thiên điều hoà theo phương trình $q = q_0\cos(\omega t + \varphi)$ thì dòng điện trong mạch biến thiên theo phương trình $i = \omega q_0\cos(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2})$. **Chọn C**

4. Tại thời điểm t bất kì, năng lượng điện trường tích lũy trong tụ điện là $W_C = \frac{q_0^2}{2C}\cos^2(\omega t + \varphi)$. **Chọn A**

5. Năng lượng toàn phần của mạch là $W = \frac{L\omega^2 q_0^2}{2}$. **Chọn B**

6. Câu đúng: Trong mạch LC dao động điện từ điều hoà, cường độ dòng điện trong mạch luôn sớm pha $\frac{\pi}{2}$ so với hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện. **Chọn D**

7. Nếu tại thời điểm t, năng lượng điện trường là $W_C = \frac{q_0^2}{6C}$ thì năng lượng từ trường trong cuộn cảm là $W_L = \frac{1}{3}L\omega^2 q_0^2$. **Chọn D**

8. Quá trình diễn ra: Điện tích của tụ điện biến thiên theo quy luật hàm số hình sin theo thời gian. **Chọn C**

9. Cặp đại lượng cơ – điện không tương đương nhau: Độ cứng k và điện dung C. **Chọn D**

10. Điện trường xoáy chỉ xuất hiện khi có sự biến thiên của từ trường theo thời gian. **Chọn C**

11. Theo thuyết Mác-xoen về điện từ trường thì khi từ trường biến thiên càng nhanh thì cường độ điện trường xoáy càng lớn. **Chọn A**

12. Câu sai: Đường sức của điện trường xoáy là những đường thẳng song song cách đều nhau. **Chọn C**

13. Câu sai: Vận tốc truyền tương tác điện từ bằng vận tốc truyền âm trong môi trường. **Chọn B**

14. Trong quá trình truyền sóng điện từ, vectơ cường độ điện trường $\vec{E}$ và vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ luôn có phương vuông góc với nhau và vuông góc với phương truyền sóng. **Chọn A**

15. Câu sai: Khi sóng điện từ truyền đi, tại mỗi điểm điện trường và từ trường biến thiên tuần hoàn theo thời gian và ngược pha. **Chọn B**

16. So với mạch dao động kín thì lợi thế của mạch dao động hở là có thể bức xạ sóng điện từ. **Chọn D**

17. Câu sai: Khi hai bản tụ điện được đặt vuông góc nhau thì mạch dao động hở được gọi là anten. **Chọn A**

18. Ở các máy phát vô tuyến điện, người ta phải tạo ra các dao động điện từ cao tần. Việc làm này có mục đích là làm cho sóng điện từ có thể truyền được đi xa. **Chọn C**

19. Biến điệu tần số là làm cho tần số của dao động cao tần biến thiên theo quy luật biến thiên của tín hiệu cần truyền đi. **Chọn A**

20. Câu sai: Tầng điện li luôn làm cho sóng vô tuyến bị phản xạ. **Chọn D**

Bài 26

DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU CHỈ CÓ ĐIỆN TRỞ THUẦN

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Suất điện động xoay chiều

Một khung dây dẫn phẳng có diện tích S quay đều với tốc độ góc ω quanh một trục vuông góc với các đường sức của một từ trường đều $\vec{B}$ thì trong khung xuất hiện suất điện động biến đổi điều hoà theo thời gian $e = E_0\cos(\omega t + \varphi_0)$.

Chu kì và tần số: $T = \frac{2\pi}{\omega}$, $f = \frac{\omega}{2\pi}$.

2. Điện áp xoay chiều. Dòng điện xoay chiều

Trong mạch điện xoay chiều, điện áp và cường độ dòng điện trong mạch biến đổi điều hoà cùng tần số, nhưng nói chung, lệch pha với nhau, chúng có biểu thức: $u = U_0\cos(\omega t + \varphi_1)$ và $i = I_0\cos(\omega t + \varphi_2)$.

Trong đó: u và i là các giá trị tức thời, ω là tần số góc ; U_0, I_0 là các biên độ; φ_1, φ_2 là các pha ban đầu.

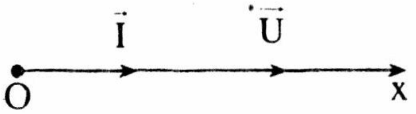
Đại lượng $\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ là độ lệch pha của u so với i.

- Nếu $\varphi > 0$ thì u sớm pha với i.
- Nếu $\varphi < 0$ thì u trễ pha với i.
- Nếu $\varphi = 0$ thì u cùng pha với i.

3. Đoạn mạch điện xoay chiều chỉ có điện trở thuần

Đặt một điện áp $u = U_0\cos\omega t$ vào hai đầu đoạn mạch chỉ có một điện trở thuần R. Trong khoảng thời gian rất nhỏ, điện áp và cường độ dòng điện coi như không đổi, có thể áp dụng định luật Ôm như đối với dòng điện không đổi : $i = \frac{u}{R} = \frac{U_0}{R}\cos\omega t = I_0\cos\omega t$. Như vậy, dòng điện biến thiên đồng pha với điện áp giữa hai đầu đoạn mạch và có biên độ xác định bởi: $I_0 = \frac{U_0}{R}$.

Cường độ dòng điện i và điện áp u được biểu diễn bằng các vectơ quay tương ứng: $i \leftrightarrow \vec{I}$, $u \leftrightarrow \vec{U}$. (hình 28)



(Hình 28)

4. Các giá trị hiệu dụng

Cường độ hiệu dụng của dòng điện xoay chiều bằng cường độ của một dòng điện không đổi, nếu cho hai dòng điện đó lần lượt đi qua cùng một điện trở trong những khoảng thời gian bằng nhau đủ dài thì toả ra những nhiệt lượng bằng nhau.

Cường độ dòng điện hiệu dụng: $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$.

Suất điện động hiệu dụng: $E = \frac{E_0}{\sqrt{2}}$.

Điện áp hiệu dụng: $U = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Một khung dây có diện tích 400 cm^2 và gồm 100 vòng, quay trong một từ trường đều có cảm ứng từ 0,005T (tesla) với vận tốc góc không đổi, mỗi giây quay 9 vòng. Trục quay nằm trong mặt phẳng của khung dây và vuông góc với phương của vectơ cảm ứng từ. Viết biểu thức và tính giá trị hiệu dụng của suất điện động cảm ứng trong khung dây.

2. Cho một điện áp tức thời $u = 180\cos 120\pi t$ (V). Xác định tần số, chu kì và giá trị hiệu dụng của điện áp ấy. Khi giá trị tức thời u là 90V thì pha của điện áp bằng bao nhiêu?

3. Đặt vào hai đầu điện trở $R = 50\Omega$ một điện áp $u = 100\sqrt{2}\sin 100\pi t$ (V).

a) Tính cường độ dòng điện hiệu dụng và biên độ dòng điện qua R.

b) Cường độ dòng điện có thay đổi không khi tần số của điện áp thay đổi?

c) Xác định pha của dòng điện tại thời điểm t bất kì.

4. Dòng điện chạy trong đoạn mạch có biểu thức $i = 2\cos 100\pi t$ (A). Viết biểu thức của điện áp u giữa hai đầu đoạn mạch, biết điện áp này sớm pha $\frac{\pi}{3}$ đối với cường độ dòng điện và có giá trị hiệu dụng là 12V.

5. Một dòng điện xoay chiều chạy qua điện trở $R = 10\Omega$. Biết nhiệt lượng toả ra trong 30 phút là 9.10^5J, tìm biên độ của cường độ dòng điện.

6. Trên một bóng đèn có ghi 220V–100W, nối đèn ấy vào mạng điện xoay chiều có U = 220V. Xác định :

a) Điện trở của đèn.

b) Cường độ hiệu dụng qua đèn.

c) Điện năng tiêu thụ của đèn trong một giờ.

7. Một mạch điện gồm hai đèn mắc song song, trên các đèn có ghi: 220V–115W; 220V–132W. Nối hai đầu của mạch ấy vào mạng điện xoay chiều U = 220V. Xác định:

a) Công suất tiêu thụ trong mạch điện.

b) Cường độ dòng điện cung cấp cho mạch điện.

8. Trên một đèn có ghi 100V–100W. Mạch điện sử dụng có U = 110V.
Để đảm bảo đèn sáng bình thường, phải mắc thêm vào mạch một điện trở bằng bao nhiêu?

9. Một bếp điện có điện trở 25Ω và độ tự cảm không đáng kể.

a) Nối bếp điện với một mạng điện xoay chiều có điện áp cực đại $100\sqrt{2}$ V. Tính dòng điện hiệu dụng qua bếp.

b) Nếu sử dụng bếp ở mạng điện một chiều có điện áp 100V thì cường độ dòng điện qua bếp là bao nhiêu? Hãy so sánh dòng điện trong hai trường hợp và giải thích.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Nếu chọn gốc thời gian vào lúc khung dây vuông góc với từ trường, thì từ thông qua khung dây là $\Phi = NS\,B\cos\omega t$.

$\Rightarrow e = -\Phi' = NBS\omega\,\sin\omega t = 1,13\sin 18\pi t$ (V)

Giá trị hiệu dụng của suất điện động: $E = \frac{\sqrt{2}}{2}\cdot 1,13 = 0,80$ (V)

2. Tần số: $2\pi f = 120\pi \Rightarrow f = 60$Hz.

Chu kì T : $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{60}$s. Giá trị hiệu dụng: $U = \frac{U_0}{\sqrt{2}} = \frac{180}{\sqrt{2}} = 127$V.

Khi u = 90V thì $\cos 120\pi t = \frac{1}{2} \Rightarrow$ pha $120\pi t = \pm\frac{\pi}{3} + 2k\pi$.

3. a) Cường độ dòng điện hiệu dụng: $I = \frac{U}{R} = \frac{100}{50} = 2$A.

Biên độ dòng điện : $I_0 = I\sqrt{2} = 2\sqrt{2}$ A

b) Cường độ dòng điện không thay đổi vì giá trị điện trở R không phụ thuộc vào tần số.

c) Vì đoạn mạch chỉ có R nên dòng điện và điện áp luôn cùng pha, nghĩa là pha của dòng điện cũng là $100\pi t$ (rad).

4. Biểu thức điện áp: $u = 12\sqrt{2}\cos(100\pi t + \frac{\pi}{3})$ (V).

5. Ta có $Q = I^2Rt \Rightarrow I = \sqrt{\frac{Q}{Rt}} = \sqrt{\frac{9.10^5}{10.30.60}} = \frac{10\sqrt{2}}{2}$ A $\Rightarrow I_0 = I\sqrt{2} = 10$A.

6. a) Từ $\mathscr{P} = \frac{U_d^2}{R} \Rightarrow$ Điện trở của đèn: $R = \frac{U_d^2}{\mathscr{P}} = \frac{220^2}{100} = 484\Omega$.

b) Cường độ hiệu dụng qua đèn: $I = \frac{U}{R} = \frac{220}{484} = \frac{5}{11}$ A.

c) Điện năng tiêu thụ trong một giờ: $A = UIt = 220.\frac{5}{11}.1 = 100$W.h.

7. $R_1 = \frac{U_1^2}{\mathscr{P}_1} = \frac{220^2}{115} = 420,87\Omega$; $R_2 = \frac{U_2^2}{\mathscr{P}_2} = \frac{220^2}{132} \approx 366,67\Omega$.

Vì hai điện trở mắc song song nên điện trở tương đương của mạch:

$$R = \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2} = \frac{420,87.366,67}{420,87 + 366,67} \approx 196\Omega.$$

a) Công suất tiêu thụ: $\mathscr{P} = \frac{U^2}{R} = \frac{220^2}{196} = 247$W.

b) Cường độ dòng điện: $I = \frac{U}{R} = \frac{220}{196} = 1,122$A.

8. Điện trở của đèn: $R = \dfrac{U_{dm}^2}{\mathscr{P}_{dm}} = \dfrac{100^2}{100} = 100\Omega$.

Để đèn sáng bình thường thì dòng điện qua đèn: $I = \dfrac{\mathscr{P}_{dm}}{U_{dm}} = \dfrac{100}{100} = 1A$

Gọi r là điện trở mắc nối tiếp thêm vào mạch, ta có:

$$I = \frac{U}{R + r} = 1 \Rightarrow r = 110 - 100 = 10\Omega.$$

9. a) Với dòng điện xoay chiều:

Ta có: $U = \dfrac{U_0}{\sqrt{2}} = \dfrac{100\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 100V$ và $I = \dfrac{U}{R} = \dfrac{100}{25} = 4A$.

b) Với dòng điện một chiều, ta có $I = \dfrac{U}{R} = \dfrac{100}{25} = 4A$.

Nhận xét: Cường độ dòng điện trong hai trường hợp là như nhau. Đây chính là ý nghĩa của cường độ dòng điện hiệu dụng.

Bài 27

MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU CHỈ CÓ TỤ ĐIỆN, CUỘN CẢM

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

I. MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU CHỈ CÓ TỤ ĐIỆN

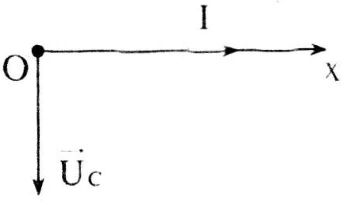
1. Giá trị tức thời của cường độ dòng điện và điện áp

Đặt vào hai bản tụ điện C một điện áp xoay chiều: $u = U_0 \sin\omega t$ thì có dòng điện xoay chiều chạy trong mạch. Biểu thức của dòng điện là $i = I_0 \cos\omega t$. Với $I_0 = \omega C U_0$ là biên độ dòng điện.

Vì $u = U_0 \sin\omega t = U_0 \cos(\omega t - \dfrac{\pi}{2})$ nên dòng điện sớm pha $\dfrac{\pi}{2}$ so với điện áp.

2. Giản đồ Fre-nen

Trên giản đồ vectơ cho đoạn mạch chỉ có tụ điện, vectơ $\vec{U}$ lập với vectơ $\vec{I}$ một góc $\dfrac{\pi}{2}$ theo chiều âm như hình 29).



(Hình 29)

3. Định luật Ôm đối với đoạn mạch có tụ điện. Dung kháng

Chia hai vế của công thức $I_0 = \omega C U_0$ cho $\sqrt{2}$ ta có $I = \omega C U$

Nếu đặt $Z_C = \dfrac{1}{\omega C}$ thì : $I = \dfrac{U}{Z_C}$.

Z_C gọi là dung kháng của tụ điện, đơn vị là ôm (Ω).

II. MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU CHỈ CÓ CUỘN CẢM

1. Giá trị tức thời của cường độ dòng điện và điện áp

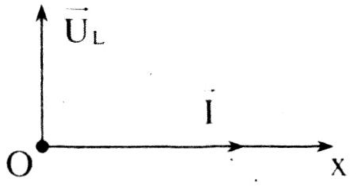
Giả sử có một dòng điện xoay chiều $i = I_0 \cos\omega t$ chạy qua cuộn cảm thuần có độ tự cảm L thì điện áp ở hai đầu cuộn cảm có biểu thức:

$$u = U_0 \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}).\ \text{Với}\ U_0 = \omega L I_0.$$

Cường độ dòng điện trễ pha $\frac{\pi}{2}$ đối với điện áp giữa hai đầu cuộn cảm.

2. Giản đồ Fre-nen

Trong giản đồ Fre-nen vẽ cho đoạn mạch chỉ có cuộn cảm thuần, $\vec{U}$ lập với $\vec{I}$ một góc $\frac{\pi}{2}$ theo chiều dương như hình 30.



(Hình 30)

3. Định luật Ôm đối với đoạn mạch chỉ có cuộn cảm thuần

Chia hai vế của biểu thức $U_0 = \omega L I_0$ cho $\sqrt{2}$ ta có $U = \omega L I$. Nếu đặt $Z_L = \omega L$ thì $I = \frac{U}{Z_L}$.

$Z_L = \omega L$ gọi là cảm kháng của cuộn dây, có đơn vị là ôm (Ω).

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Chứng minh rằng cường độ dòng điện xoay chiều qua cuộn cảm thuần biến thiên trễ pha $\frac{\pi}{2}$ so với điện áp giữa hai đầu cuộn cảm.

2. Mắc tụ điện có điện dung 2μF vào mạng điện xoay chiều có điện áp 220V, tần số 50Hz. Xác định cường độ hiệu dụng của dòng điện qua tụ điện.

3. Điện áp giữa hai bản tụ có biểu thức $u = U_0 \cos(100\pi t - \frac{\pi}{3})(V)$. Hãy xác định các thời điểm mà cường độ dòng điện qua tụ điện bằng 0.

4 Chứng minh rằng, khi hai tụ điện C_1 và C_2 mắc nối tiếp thì điện dung tương đương có dung kháng: $Z_C = \frac{1}{C\omega}$ và $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$.

5. Mắc cuộn cảm thuần có độ tự cảm L = 0,2H vào hai cực của ổ cắm điện xoay chiều 220V – 50Hz. Tính cường độ hiệu dụng của dòng điện qua cuộn cảm.

6 Điện áp giữa hai đầu của một tụ điện: $u = 100\sqrt{2}\cos 100\pi t$ (V).
Cường độ hiệu dụng trong mạch I = 5A.
a) Xác định C. b) Viết biểu thức của i.

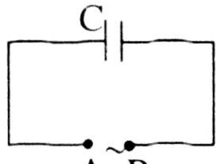
7. Điện áp giữa hai đầu một cuộn cảm thuần: $u = 100\sqrt{2}\cos 100\pi t$ (V)
Cường độ hiệu dụng trong mạch I = 5A.
a) Xác định L. b) Viết biểu thức của i.

8. Đặt vào hai đầu cuộn cảm thuần $L = \frac{0,5}{\pi}$ H một điện áp xoay chiều $u = 120\sqrt{2}\cos\omega t$ (V). Viết biểu thức dòng điện tức thời qua mạch trong hai trường hợp:

a) $\omega = 100\pi$ rad/s. b) $\omega = 1000\pi$ rad/s.

9. Chứng minh rằng, khi hai cuộn cảm thuần L_1 và L_2 mắc nối tiếp trong một mạch điện xoay chiều thì cuộn cảm tương đương có cảm kháng cho bởi : $Z_L = (L_1 + L_2)\omega$.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ



(Hình 31)

1. Giả sử có một dòng điện xoay $i = I_0\cos\omega t$ chạy qua cuộn cảm thuần có độ tự cảm L. Chiều dương của dòng điện được quy ước là chiều chạy từ A tới B (hình 31).

Suất điện động cảm ứng xuất hiện trong cuộn cảm:

$$e = -L\frac{di}{dt} = \omega L I_0 \sin\omega t$$

Điện áp giữa hai điểm A và B: $u = iR_{AB} - e$

Vì cuộn thần cảm nên $R_{AB} = 0$.

Ta có: $u = -e = -\omega L I_0 \sin\omega t$ hay $u = U_0\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$.

So sánh với $i = I_0\cos\omega t$ thì rõ ràng cường độ dòng điện qua cuộn cảm thuần biến thiên điều hoà cùng tần số nhưng trễ pha $\frac{\pi}{2}$ đối với điện áp giữa hai đầu cuộn cảm.

2. Dung kháng: $Z_C = \frac{1}{2\pi fC} = Z_C = \frac{1}{2.3,14.50.2.10^{-6}} = 1592,36\Omega$.

Cường độ hiệu dụng: $I = \frac{U}{Z_C} = \frac{220}{1592,36} = 0,138$A.

3. Vì cường độ dòng điện nhanh pha hơn điện áp một góc $\frac{\pi}{2}$ nên biểu thức dòng điện có dạng: $i = I_0\cos(100\pi t + \frac{\pi}{6})$ (A).

$i = I_0\cos(100\pi t + \frac{\pi}{6}) = 0 \Rightarrow t = \frac{1}{300} + \frac{k}{100}$ (k nguyên).

4. Gọi $i = I_0\cos\omega t$ (A) là dòng điện trong mạch.

Các điện áp hai đầu C_1 và C_2 đều chậm pha hơn i một góc $\frac{\pi}{2}$ và có giá trị:

$U_{C1} = I\frac{1}{2\pi fC_1}$; $U_{C2} = I\frac{1}{2\pi fC_2}$.

Ta có: $U = U_1 + U_2 = I(\frac{1}{2\pi fC_1} + \frac{1}{2\pi fC_2})$.

Tổng trở: $Z = \frac{U}{I} = (\frac{1}{2\pi fC_1} + \frac{1}{2\pi fC_2})$. Vậy $Z_C = Z = \frac{1}{2\pi f}(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2})$.

So với $C_C = \frac{1}{C\omega}$ thì ta được $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$.

5. Cảm kháng: $Z_L = 2\pi fL = 2.3,14.50.0,2 = 62,8\Omega$.

Cường độ dòng điện : $I = \frac{U}{Z_L} = \frac{220}{62,8} = 3,5A$.

6. a) Dung kháng: $Z_C = \frac{U}{I} = \frac{100}{5} = 20\Omega$.

Từ $Z_C = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow C = \frac{1}{\omega Z_C} = \frac{1}{100\pi.20} = \frac{1}{2\pi}.10^{-3}F$.

b) Vì mạch chỉ có tụ điện nên dòng điện nhanh pha hơn điện áp một góc $\frac{\pi}{2}$.

Biểu thức dòng điện: $i = 5\sqrt{2}\cos(100\pi t + \frac{\pi}{2})$ (A).

7. a) Cảm kháng: $Z_L = \frac{U}{I} = \frac{100}{5} = 20\Omega$.

Từ $Z_L = \omega L \Rightarrow L = \frac{Z_L}{\omega} = \frac{20}{100\pi} = \frac{0,2}{\pi}H$.

b) Vì mạch chỉ có cuộn cảm thuần nên dòng điện chậm pha hơn điện áp một góc $\frac{\pi}{2}$. Biểu thức dòng điện: $i = 5\sqrt{2}\cos(100\pi t - \frac{\pi}{2})$ (A).

8. a) Với $\omega = 100\pi$ rad/s:

Cảm kháng: $Z_L = \omega L = 50\Omega$; $I = \frac{U}{Z_L} = \frac{120}{50} = 2,4A$.

Dòng điện chậm pha hơn điện áp một góc $\frac{\pi}{2}$ nên biểu thức của dòng điện là:

$i = 2,4\sqrt{2}\cos(100\pi t - \frac{\pi}{2})$ (A).

a) Với $\omega = 1000\pi$ rad/s:

Cảm kháng: $Z_L = \omega L = 500\Omega$; $I = \frac{U}{Z_L} = \frac{120}{500} = 0,24A$.

Dòng điện chậm pha hơn điện áp một góc $\frac{\pi}{2}$ nên biểu thức của dòng điện là:

$i = 0,24\sqrt{2}\cos(100\pi t - \frac{\pi}{2})$ (A).

9. Gọi $i = I_0\cos\omega t$ (A) là dòng điện trong mạch.

Các điện áp hai đầu L_1 và L_2 đều nhanh pha hơn i một góc $\frac{\pi}{2}$ và có giá trị:

$U_1 = I2\pi fL_1$; $U_2 = I2\pi fL_2$.

Điện áp hai đầu đoạn mạch: $u = u_1 + u_2$.

Ta có: $U = U_1 + U_2 = I2\pi f(L_1 + L_2)$

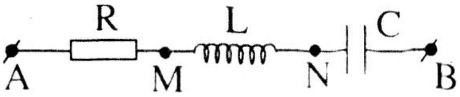
$\Rightarrow$ Tổng trở: $Z = \frac{U}{I} = 2\pi f(L_1 + L_2)$. Vậy $Z_L = Z = 2\pi f(L_1 + L_2)$.

Bài 28 MẠCH CÓ R, L, C MẮC NỐI TIẾP. CỘNG HƯỞNG ĐIỆN

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Các giá trị tức thời trên từng phần của đoạn mạch

Đặt vào hai đầu A, B của đoạn mạch RLC một điện áp xoay chiều u có tần số góc ω. Trong mạch có dao động điện cưỡng bức với tần số góc bằng tần số góc của điện áp. (hình 32)



(Hình 32)

Giả sử cường độ dòng điện trong đoạn mạch có biểu thức $i = I_0\cos\omega t$ thì biểu thức của các điện áp tức thời là:

$$u_R = u_{AM} = I_0R\cos\omega t = U_{0R}\cos\omega t\ .$$

$$u_L = u_{MN} = \omega LI_0\cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) = U_{0L}\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})\ .$$

$$u_C = u_{NB} = \frac{I_0}{\omega C}\cos(\omega t - \frac{\pi}{2}) = U_{0C}\cos(\omega t - \frac{\pi}{2})\ .$$

Điện áp tức thời giữa hai đầu A, B là : $u = u_R + u_L + u_C$

2. Giản đồ Fre-nen. Quan hệ giữa cường độ dòng điện và điện áp

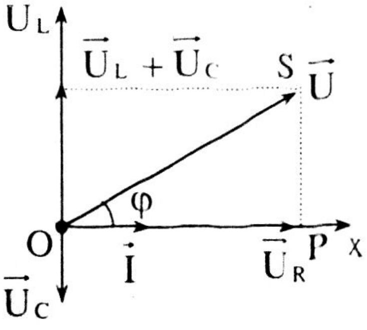
– Nếu biểu diễn các điện áp xoay chiều bằng các vectơ quay tương ứng: $u \leftrightarrow \vec{U}_R$, $u_L \leftrightarrow \vec{U}_L$, $u_C \leftrightarrow \vec{U}_C$

thì: $\vec{U} = \vec{U}_R + \vec{U}_L + \vec{U}_C$ (hình 33)

– Dựa vào giản đồ Fre-nen, suy ra:

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$$

$$\text{Và } I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$$



(Hình 33)

Nếu đặt $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$ thì $I = \frac{U}{Z}$.

Đó là công thức của định luật Ôm cho đoạn mạch xoay chiều có R, L, C mắc nối tiếp. Đại lượng Z gọi là tổng trở của đoạn mạch.

Cũng từ giản đồ Fre-nen, ta suy được: $\tan\varphi = \dfrac{\omega L - \dfrac{1}{\omega C}}{R}$.

- Nếu $\omega L > \dfrac{1}{\omega C}$ thì $\varphi > 0$: dòng điện trễ pha đối với điện áp ở hai đầu đoạn mạch (mạch có tính cảm kháng).

- Nếu $\dfrac{1}{\omega C} > L\omega$ thì $\varphi < 0$: dòng điện sớm pha đối với điện áp ở hai đầu đoạn mạch (mạch có tính dung kháng).

3. Cộng hưởng điện

Nếu giữ nguyên giá trị của điện áp hiệu dụng U giữa hai đầu đoạn mạch và thay đổi tần số góc ω đến một giá trị sao cho $\omega L - \dfrac{1}{\omega C} = 0$ thì có hiện tượng cộng hưởng điện. Khi đó:

– Tổng trở của đoạn mạch đạt giá trị cực tiểu : $Z_{min} = R$.

– Cường độ hiệu dụng dòng điện đạt giá trị cực đại : $I_m = \dfrac{U}{R}$.

– Các điện áp tức thời giữa hai bản tụ và hai đầu cuộn cảm có biên độ bằng nhau nhưng ngược pha nên triệt tiêu nhau. Điện áp trên điện trở R bằng điện áp giữa hai đầu đoạn mạch.

– Dòng điện biến đổi đồng pha với điện áp giữa hai đầu đoạn mạch.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Cho đoạn mạch xoay chiều RLC nối tiếp, hệ số tự cảm của cuộn dây là $L = 0,1H$; tụ điện có điện dung $C = 1\mu F$; tần số dòng điện là $f = 50Hz$.

   a) Hỏi dòng điện trong đoạn mạch sớm pha hay trễ pha so với điện áp ở hai đầu đoạn mạch?

   b) Cần phải thay tụ điện nói trên bởi một tụ có điện dung C′ bằng bao nhiêu để trên đoạn mạch xảy ra hiện tượng cộng hưởng điện ?

2. Cho đoạn mạch RLC nối tiếp có $R = 50\Omega$; $L = 159mH$; $C = 31,8\mu F$. Điện áp giữa hai đầu đoạn mạch có biểu thức $u = 120\cos 100\pi t$ (V). Tính tổng trở của đoạn mạch và viết biểu thức của cường độ dòng điện tức thời qua mạch.

3. Mạch xoay chiều gồm có $R = 20\Omega$ nối tiếp với tụ điện $C = \dfrac{1}{2000\pi}$ F. Tìm biểu thức của cường độ tức thời i, biết $u = 60\sqrt{2}\cos 100\pi t$ (V).

4. Mạch điện xoay chiều gồm điện trở $R = 30\Omega$ nối tiếp với một tụ điện C. Cho biết điện áp hiệu dụng giữa hai đầu mạch bằng 100V, giữa hai đầu tụ điện bằng 80V, tính Z_C và cường độ hiệu dụng I.

5. Mạch điện xoay chiều gồm điện trở $R = 40\Omega$ ghép nối tiếp với cuộn cảm L. Cho biết điện áp tức thời giữa hai đầu mạch $u = 80\cos 100\pi t$ (V) và điện áp hiệu dụng giữa hai đầu cuộn cảm $U_L = 40V$.

a) Xác định Z_L.

b) Viết biểu thức của i.

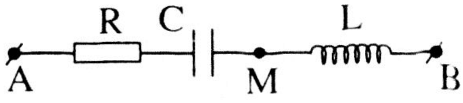
6. Mạch điện xoay chiều gồm $R = 30\Omega$, $C = \dfrac{1}{5000\pi}$ F, $L = \dfrac{0,2}{\pi}$ H. Biết điện áp tức thời giữa hai đầu mạch $u = 120\sqrt{2}\cos 100\pi t$ (V). Xác định i.

7. Mạch điện xoay chiều gồm $R = 40\Omega$, $C = \dfrac{1}{4000\pi}$ F, $L = \dfrac{0,1}{\pi}$ H.

Biết điện áp tức thời hai đầu mạch $u = 120\sqrt{2}\cos 100\pi t$ (V).

a) Xác định i.

b) Tính U_{AM} (hình 34).



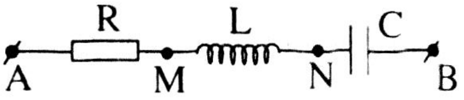
(Hình 34)

8. Cho mạch điện xoay chiều gồm $R = 20\Omega$, $L = \dfrac{0,2}{\pi}$ H, $C = \dfrac{1}{2000\pi}$ F. Biết điện áp tức thời hai đầu mạch $u = 80\sqrt{2}\cos\omega t$ (V), tính ω để trong mạch có cộng hưởng. Khi đó xác định i.

9. Cho mạch điện xoay chiều mắc nối tiếp như hình 35.

Biết: $R = 30\Omega$; $C = \dfrac{1}{4000\pi}$ F;

$L = \dfrac{0,1}{\pi}$ H.



(Hình 35)

Điện áp tức thời ở hai đầu đoạn mạch: $u = 120\sqrt{2}\cos 100\pi t$ (V).

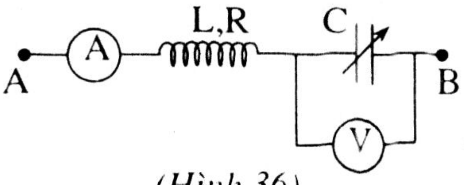
a) Viết biểu thức cường độ dòng điện trong mạch.

b) Tính điện áp U_{AN}.

10. Cho mạch điện như hình 36. Cuộn dây có điện trở hoạt động $R = 100\Omega$;

Độ tự cảm $L = \dfrac{\sqrt{3}}{\pi}$ H.

điện áp $u_{AB} = 100\sqrt{2}\sin 100\pi t$ (V).



(Hình 36)

Với giá trị nào của C thì số chỉ của vôn kế có giá trị lớn nhất? Tìm giá trị lớn nhất đó. Hãy cho biết số chỉ của ampe kế khi đó là bao nhiêu?

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. a) Cảm kháng $Z_L = 2\pi fL = 2.3,14.50.0,1 = 31,4\Omega$.

Dung kháng: $Z_C = \dfrac{1}{2\pi fC} = \dfrac{1}{2.3,14.50.10^{-6}} = 3184,7\Omega$.

Vì $Z_C > Z_L$ nên dòng điện sớm pha hơn điện áp hai đầu đoạn mạch.

b) Để trong mạch có cộng hưởng thì $2\pi fL = \dfrac{1}{2\pi fC'}$

$\Rightarrow C' = \dfrac{1}{4\pi^2 f^2 L} = \dfrac{1}{4.3,14^2.50^2.0,1} = 1,01.10^{-4}F.$

2. Ta có: Cảm kháng $Z_L = \omega L = 100\pi.159.10^{-3} = 50\Omega.$

Dung kháng: $Z_C = \dfrac{1}{\omega C} = \dfrac{1}{100\pi.31,8.10^{-6}} = 100\Omega.$

Tổng trở: $\sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2} = \sqrt{50^2 + (50 - 100)^2} = 50\sqrt{2}\ \Omega.$

Biên độ dòng điện : $I_0 = \dfrac{U_0}{Z} = \dfrac{120}{50\sqrt{2}} = 1,2\sqrt{2}$ A.

Độ lệch pha: $\tan\varphi = \dfrac{Z_L - Z_C}{R} = \dfrac{50 - 100}{50} = -1 \Rightarrow \varphi = -\dfrac{\pi}{4}.$

Biểu thức dòng điện : $i = 1,2\sqrt{2}\cos(100\pi t + \dfrac{\pi}{4})$ A.

3. Dung kháng: $Z_C = \dfrac{1}{\omega C} = \dfrac{1}{100\pi.\dfrac{1}{2000\pi}} = 20\Omega.$

Tổng trở: $Z = \sqrt{R^2 + Z_C^2} = 20\sqrt{2}\ \Omega.$

Biên độ dòng điện : $I_0 = \dfrac{U_0}{Z} = \dfrac{60\sqrt{2}}{20\sqrt{2}} = 3A.$

Độ lệch pha : $\tan\varphi = \dfrac{-Z_C}{R} = \dfrac{-20}{20} = -1 \Rightarrow \varphi = -\dfrac{\pi}{4}.$

Biểu thức dòng điện: $i = 3\cos(100\pi t + \dfrac{\pi}{4})$ (A).

4. Vì u_C chậm pha hơn dòng điện một góc $\dfrac{\pi}{2}$ và u_R cùng pha với dòng điện nên u_C chậm pha hơn u_R một góc $\dfrac{\pi}{2}$ $\Rightarrow$ vectơ $\vec{U}_C$ và $\vec{U}_R$ vuông góc nhau.

Ta có: $U^2 = U_R^2 + U_C^2 \Rightarrow U_R = \sqrt{U^2 - U_C^2} = \sqrt{100^2 - 80^2} = 60V.$

Ta có: $I = \dfrac{U_R}{R} = \dfrac{60}{30} = 2A.$ Dung kháng: $Z_C = \dfrac{U_C}{I} = \dfrac{80}{2} = 40\Omega.$

5. a) Vì u_L nhanh pha hơn dòng điện một góc $\dfrac{\pi}{2}$ và u_R cùng pha với dòng điện nên u_L nhanh pha hơn u_R một góc $\dfrac{\pi}{2}$ $\Rightarrow$ vectơ $\vec{U}_L$ và $\vec{U}_R$ vuông góc nhau.

Ta có: $U^2 = U_R^2 + U_L^2 \Rightarrow U_R = \sqrt{U^2 - U_L^2} = \sqrt{(40\sqrt{2})^2 - 40^2} = 40V.$

Cường độ dòng điện hiệu dụng: $I = \dfrac{U_R}{R} = \dfrac{40}{40} = 1A.$

Cảm kháng : $Z_L = \dfrac{U_L}{I} = \dfrac{40}{1} = 40\Omega$.

b) Độ lệch pha : $\tan\varphi = \dfrac{Z_L}{R} = \dfrac{40}{40} = 1 \Rightarrow \varphi = \dfrac{\pi}{4}$.

Biểu thức dòng điện: $i = \sqrt{2}\cos(100\pi t - \dfrac{\pi}{4})$ (A).

6. Dung kháng: $Z_C = \dfrac{1}{\omega C} = \dfrac{1}{100\pi.\dfrac{1}{5000\pi}} = 50\Omega$.

Cảm kháng : $Z_L = \omega L = 100\pi.\dfrac{0,2}{\pi} = 20\Omega$.

Tổng trở : $Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2} = \sqrt{30^2 + (20-50)^2} = 30\sqrt{2}\ \Omega$.

Biên độ dòng điện : $I_0 = \dfrac{U_0}{Z} = \dfrac{120\sqrt{2}}{30\sqrt{2}} = 4$A.

Độ lệch pha : $\tan\varphi = \dfrac{Z_L - Z_C}{R} = \dfrac{20-50}{30} = -1 \Rightarrow \varphi = -\dfrac{\pi}{4}$.

Biểu thức dòng điện : $i = 4\cos(100\pi t + \dfrac{\pi}{4})$ (A).

7. a) Dung kháng: $Z_C = \dfrac{1}{\omega C} = \dfrac{1}{100\pi.\dfrac{1}{4000\pi}} = 40\Omega$.

Cảm kháng : $Z_L = \omega L = 100\pi.\dfrac{0,1}{\pi} = 10\Omega$.

Tổng trở : $Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2} = \sqrt{40^2 + (10-40)^2} = 50\Omega$.

Biên độ dòng điện : $I_0 = \dfrac{U_0}{Z} = \dfrac{120\sqrt{2}}{50} = 2,4\sqrt{2}$ A.

Độ lệch pha : $\tan\varphi = \dfrac{Z_L - Z_C}{R} = \dfrac{10-40}{40} = -0,75 \Rightarrow \varphi = -37^0$.

Biểu thức dòng điện : $i = 2,4\sqrt{2}\cos(100\pi t + \dfrac{37\pi}{180})$ (A).

b) Tổng trở của đoạn AM: $Z = \sqrt{R^2 + Z_C^2} = \sqrt{40^2 + 40^2} = 40\sqrt{2}\ \Omega$.

điện áp: $U_{AM} = IZ_{AM} = 2,4.40\sqrt{2} = 96\sqrt{2}$ V.

8. Khi có cộng hưởng thì $Z_L = Z_C \Leftrightarrow \omega L = \dfrac{1}{\omega C} \Rightarrow \omega = \sqrt{\dfrac{1}{LC}}$.

Thay số: $\omega = \sqrt{\dfrac{1}{\dfrac{0,2}{\pi}.\dfrac{1}{2000\pi}}} = 100\pi$.

Trong mạch có cộng hưởng nên $I_0 = \dfrac{U_0}{R} = \dfrac{80\sqrt{2}}{20} = 4\sqrt{2}$ A.

Cường độ dòng điện cùng pha với điện áp nên biểu thức của cường độ dòng điện là: $u = 4\sqrt{2}\cos 100\pi t$ (A).

9. a) Ta có: $Z_c = \dfrac{1}{\omega C} = 40\Omega$; $Z_L = \omega L = 10\Omega$.

Tổng trở: $Z = \sqrt{R^2 + (Z_C - Z_L)^2} = 30\sqrt{2}\ \Omega$.

Cường độ dòng điện : $I = \dfrac{U}{Z} = \dfrac{120}{30\sqrt{2}} = 2\sqrt{2}$ A.

Độ lệch pha : $\tan\varphi = \dfrac{Z_L - Z_C}{R} = -1 \Rightarrow \varphi = -\dfrac{\pi}{4}$.

Biểu thức cường độ dòng điện: $i = 4\cos(100\pi t + \dfrac{\pi}{4})$ (A).

b) Ta có : $Z_{AN} = \sqrt{R^2 + Z_L^2} = \sqrt{30^2 + 10^2} = 31,6\Omega$.

$U_{AN} = IZ_{AN} = 2\sqrt{2}.31,6 = 89,4$ V.

10. Số chỉ của vôn kế là điện áp hiệu dụng ở hai đầu tụ điện.

Cảm kháng : $Z_L = \omega L = 100\pi.\dfrac{\sqrt{3}}{\pi} = 100\sqrt{3}\ \Omega$.

điện áp $U_C = I.Z_C = \dfrac{UZ_C}{\sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2}}$ (*)

hay: $U_C = \dfrac{U}{\sqrt{\dfrac{R^2 + Z_L^2}{Z_C^2} - \dfrac{2Z_L}{Z_C} + 1}}$.

Vì U = const nên U_C đạt cực đại khi mẫu số có giá trị nhỏ nhất.

Xét mẫu số : $D = \dfrac{R^2 + Z_L^2}{Z_C^2} - \dfrac{2Z_L}{Z_C} + 1$.

Đặt $x = \dfrac{1}{Z_C}$ khi đó : $D = (R^2 + Z_L^2)x^2 - 2Z_L x + 1$

Lấy đạo hàm : $D' = 2(R^2 + Z_L^2)x - 2Z_L = 0 \Rightarrow x = \dfrac{Z_L}{R^2 + Z_L^2}$

Hay $Z_C = \dfrac{R^2 + Z_L^2}{Z_L} \Rightarrow Z_C = \dfrac{4}{\sqrt{3}}.10^2\ \Omega$ và $C = \dfrac{\sqrt{3}}{4\pi}.10^{-4}$ (F).

Thay $Z_C = \dfrac{4}{\sqrt{3}}.10^2\ \Omega$ vào (*) ta được $U_{C\text{max}} = 200$V.

* Tổng trở: $Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2} = \sqrt{100^2 + (100\sqrt{3} - \dfrac{400}{\sqrt{3}})^2} = \dfrac{200}{\sqrt{3}}\ \Omega$.

Số chỉ của ampe kế : $I = \dfrac{U}{Z} = \dfrac{100}{\dfrac{200}{\sqrt{3}}} = \dfrac{\sqrt{3}}{2}$ A.

Bài 29 CÔNG SUẤT CỦA DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU. HỆ SỐ CÔNG SUẤT

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Công suất tức thời

Xét một đoạn mạch xoay chiều có dòng điện $i = I_0\cos\omega t$ chạy qua. Giả sử điện áp giữa hai đầu đoạn mạch lệch pha φ đối với dòng điện và có biểu thức $u = U_0\cos(\omega t + \varphi)$.

Công suất tức thời : $p = ui = U_0 I_0 \cos\omega t.\cos(\omega t + \varphi)$.

Thay $U_0 = U\sqrt{2}, I_0 = I\sqrt{2}$ và dùng phép biến đổi lượng giác, ta có :

$$p = UI\cos\varphi + UI\cos(2\omega t + \varphi).$$

2. Công suất trung bình

Công suất trung bình của dòng điện tính trong một khoảng thời gian t là đại lượng xác định bằng công thức : $\mathscr{P} = \frac{W}{t}$.

Trong đó W là điện năng đã tiêu thụ trên đoạn mạch trong khoảng thời gian t.

Trong công thức $p = UI\cos\varphi + UI\cos(2\omega t + \varphi)$.

Số hạng $UI\cos\varphi$ sau khi lấy trung bình vẫn là $UI\cos\varphi$; số hạng $UI\cos(2\omega t + \varphi)$ có giá trị trung bình của nó trong một chu kì bằng không.

Công suất của dòng điện trong đoạn mạch là : $\mathscr{P} = UI\cos\varphi$

3. Hệ số công suất

Đại lượng $\cos\varphi$ trong công thức $\mathscr{P} = UI\cos\varphi$ gọi là hệ số công suất của đoạn mạch xoay chiều.

Đối với đoạn mạch chỉ có cuộn cảm thuần $(\varphi = \frac{\pi}{2})$, hoặc chỉ có tụ điện $(\varphi = -\frac{\pi}{2})$ thì $\cos\varphi = 0$, công suất $\mathscr{P} = 0$. Các đoạn mạch này không tiêu thụ điện năng.

Đối với đoạn mạch RLC nối tiếp, công suất tiêu thụ trên đoạn mạch bằng công suất toả nhiệt trên R : $\mathscr{P} = RI^2$.

So sánh $\mathscr{P} = RI^2$ với $\mathscr{P} = UI\cos\varphi$, suy được $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$.

Như vậy, nhìn chung hệ số công suất phụ thuộc vào các giá trị của R, L, C của mạch. Nếu trong mạch xảy ra cộng hưởng hoặc đoạn mạch chỉ có điện trở thuần thì $\varphi = 0, \cos\varphi = 1$.

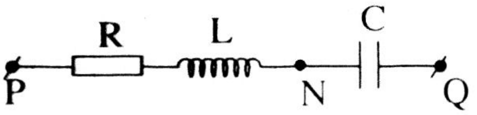
B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Trong trường hợp nào, hệ số công suất của dòng điện xoay chiều có giá trị lớn nhất ? Nhỏ nhất ? Vì sao phải tăng hệ số công suất ở nơi tiêu thụ điện ?
2. Một tụ điện có điện dung $C = 5{,}3\mu F$ mắc nối tiếp với điện trở $R = 300\Omega$ thành một đoạn mạch. Mắc đoạn mạch vào mạng điện xoay chiều có điện áp 220V, tần số 50Hz. Hãy tính :

- Hệ số công suất của đoạn mạch.
- Điện năng mà đoạn mạch tiêu thụ trong một phút.

3. Một cuộn cảm khi mắc với điện áp xoay chiều 50V thì tiêu thụ công suất 1,5W. Biết dòng qua cuộn cảm là 0,2A. Tính hệ số công suất của cuộn cảm.

4. Cho mạch điện trên hình 37, trong đó L là một cuộn cảm thuần, điện áp hai đầu mạch: $u_{PQ} = 60\sqrt{2}\cos 100\pi t(V)$, các điện áp hiệu dụng $U_{PN} = U_{NQ} = 60V$. Tính hệ số công suất của mạch.

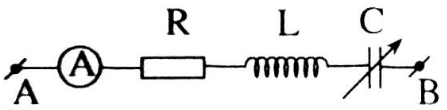


(Hình 37)

5. Cho mạch điện RLC nối tiếp gồm có : $R = 30\Omega$; $L = \frac{5,0}{\pi}$ mH; $C = \frac{50}{\pi}$ μF cung cấp bởi điện áp hiệu dụng 100V, f = 1kHz. Hãy xác định công suất tiêu thụ và hệ số công suất.

6. Đặt vào hai đầu đoạn mạch gồm điện trở R, cuộn cảm thuần L và tụ điện C mắc nối tiếp một điện áp $u = 50\sqrt{2}\cos 100\pi t$ (V).
Biết điện áp hiệu dụng ở hai đầu cuộn cảm và hai đầu tụ điện lần lượt là $U_L = 30V$; $U_C = 60V$.
a) Tính hệ số công suất của mạch.
b) Biết công suất tiêu thụ trong mạch là P = 20W. Tính R, L, C.

7. Cho mạch điện như hình 38.
Biết: $R = 80\Omega$; $r = 20\Omega$; $L = \frac{2}{\pi}H$;
Tụ C có điện dung biến đổi được.
Điện áp : $u_{AB} = 120\sqrt{2}\cos 100\pi t$ (V).
Hãy xác định điện dung C trong các trường hợp sau:

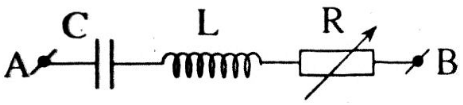


(Hình 38)

a) Cường độ dòng điện chậm pha hơn u_{AB} một góc $\frac{\pi}{4}$. Tính cường độ dòng điện và công suất trong mạch.
b) Công suất mạch cực đại và giá trị cực đại đó.

8. Cho mạch điện gồm điện trở thuần $R = 50\Omega$, một cuộn dây thuần cảm kháng $L = \frac{1}{2\pi}$ H và một tụ điện có điện dung C thay đổi được mắc nối tiếp. Điện áp hai đầu đoạn mạch có giá trị hiệu dụng U = 150 V, tần số f = 50 Hz và pha ban đầu bằng 0.
a) Cho $C = \frac{1}{\pi}.10^{-4}$ F. Viết biểu thức dòng điện trong mạch.
2. Xác định C để trong mạch xảy ra hiện tượng cộng hưởng. Tính dòng điện hiệu dụng và công suất tiêu thụ khi đó.

9. Một mạch điện gồm một tụ điện C, một cuộn thuần cảm L và một biến trở R được mắc nối tiếp. Đặt vào hai đầu mạch điện một điện áp xoay chiều $u = 120\sqrt{2}\sin 120\pi t$ (V) (xem hình 39).



(Hình 39)

Biết rằng ứng với hai giá trị của biến trở : $R_1 = 18\Omega$ và $R_2 = 32\Omega$ thì công suất tiêu thụ trên đoạn mạch là như nhau.

a) Tính công suất của đoạn mạch.

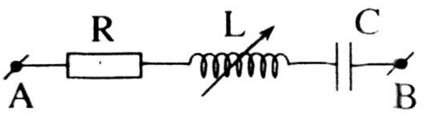
b) Cho $L = \frac{1}{4\pi}(H)$. Viết biểu thức của dòng điện i trong mạch ứng với giá trị R_1.

10. Cho mạch điện như hình 40.

$u_{AB} = 200\cos 100\pi t$ (V) ;

$R = 100\Omega$; $C = 0{,}318.10^{-4}F$.

Cuộn dây có độ tự cảm thay đổi được.



(Hình 40)

a) Tìm L để hệ số công suất của mạch lớn nhất. Tính công suất tiêu thụ lúc đó.

b) Thay đổi L để công suất tiêu thụ trong mạch là 100W. Tính giá trị L và viết biểu thức dòng điện khi đó.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1 – Trường hợp trong mạch điện xảy ra cộng hưởng hoặc đoạn mạch chỉ có điện trở thuần thì hệ cố công suất của dòng điện xoay chiều có giá trị lớn nhất. Khi đó $\varphi = 0$ và $\cos\varphi = 1$.

– Trường hợp đoạn mạch chỉ có cuộn cảm thuần $(\varphi = \frac{\pi}{2})$, hoặc chỉ có tụ điện $(\varphi = -\frac{\pi}{2})$, hoặc cuộn cảm thuần nối tiếp với tụ điện thì hệ cố công suất của dòng điện xoay chiều là nhỏ nhất. Khi đó $\cos\varphi = 0$, công suất $\mathcal{P} = 0$ và các đoạn mạch này không tiêu thụ điện năng.

* Việc tăng hệ số công suất ở nơi tiêu thụ điện nhằm mục đích tăng cường hiệu quả của việc sử dụng điện năng, cụ thể là để nơi tiêu thụ điện sử dụng được phần lớn công suất do nguồn điện cung cấp.

2. Dung kháng: $Z_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{100\pi.5.3.10^{-6}} = 600\Omega$.

Tổng trở: $\sqrt{R^2 + Z_C^2} = \sqrt{300^2 + 600^2} \approx 670{,}8\Omega$.

Cường độ dòng điện : $I = \frac{U}{Z} = \frac{220}{670{,}8} = 0{,}328$ A.

Hệ cố công suất : $\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{300}{670{,}8} = 0{,}447$.

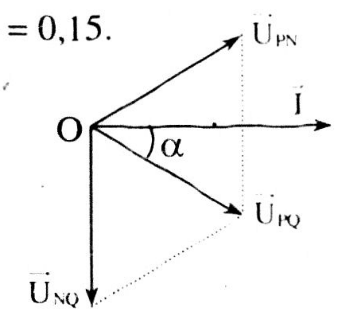
Điện năng tiêu thụ: $Q = \mathcal{P}t = I^2Rt = 0{,}328^2.300.60 = 1936{,}5J$.

3. Từ $\mathcal{P} = UI\cos\varphi \Rightarrow$ hệ cố công suất $\cos\varphi = \frac{\mathcal{P}}{UI} = \frac{1.5}{50.0{,}2} = 0{,}15$.

4. Giản đồ vectơ Frê-nen biểu diễn như hình vẽ 41.

Trong đó $U_{NP} = U_{PQ} = U_{NP} = 60V$ nên $\varphi = -\frac{\pi}{6}$.

Hệ cố công suất $\cos\varphi = \cos(-\frac{\pi}{6}) = \frac{\sqrt{3}}{2}$.



(Hình 41)

5. Dung kháng: $Z_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2000\pi.\frac{50}{\pi}.10^{-6}} = 10\Omega$.

Cảm kháng : $Z_L = \omega L = 2000\pi.\frac{5}{\pi}.10^{-3} = 10\Omega$.

Tổng trở : $Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2} = \sqrt{30^2 + (10-10)^2} = 30\Omega$.

Cường độ dòng điện : $I = \frac{U}{Z} = \frac{100}{30} = \frac{10}{3}$ A.

Công suất : $P = I^2R = \frac{10^2}{3^2}.30 = 333,33$W.

Hệ cố công suất : $\cos\varphi = \frac{R}{Z} = 1$.

6. a) Ta có $U^2 = U_R^2 + (U_C - U_L)^2 \Rightarrow U_R = \sqrt{50^2 - (60-30)^2} = 40$V.

Hệ cố công suất : $\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{U_R}{U} = \frac{40}{50} = 0,8$.

b) Ta có công suất $P = U_RI \Leftrightarrow 20 = 40I \Rightarrow I = 0,5$A.

$\Rightarrow R = \frac{U_R}{I} = 80\Omega$; $Z_L = \frac{U_L}{I} = 60\Omega$; $Z_C = \frac{U_C}{I} = 120\Omega$.

$\Rightarrow L = \frac{Z_L}{\omega} = \frac{60}{100\pi} = \frac{0,6}{\pi}$ H; $C = \frac{1}{\omega Z_C} = \frac{10^{-4}}{1,2\pi}$ F.

7. a) Tính C khi cường độ dòng điện chậm pha hơn u_{AB} một góc $\frac{\pi}{4}$.

Cảm kháng : $Z_L = \omega L = 100\pi\frac{2}{\pi} = 200\Omega$.

Độ lệch pha : $\tan\varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R + r} = tg\frac{\pi}{4} = 1 \Rightarrow Z_L - Z_C = R + r$.

$\Rightarrow Z_C = Z_L - (R + r) = 200 - 100 = 100\Omega$.

Từ $Z_C = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow C = \frac{1}{\omega Z_C} = \frac{10^{-4}}{\pi}$ F.

Tổng trở : $Z = \sqrt{(R+r)^2 + (Z_L - Z_C)^2} = 100\sqrt{2}\ \Omega$.

Cường độ dòng điện : $I = \frac{U_{AB}}{Z} = \frac{120}{100\sqrt{2}} = 0,6\sqrt{2}$A.

Công suất : $P = (R + r)I^2 = 100.(0,6\sqrt{2})^2 = 72$W.

b) Tìm C để công suất mạch cực đại. Tính giá trị cực đại đó.

Từ : $P = (R + r)I^2 \Rightarrow$ P cực đại khi I cực đại khi trong mạch có cộng hưởng, nghĩa là : $\omega L = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow \Rightarrow C = \frac{1}{\omega^2 L} = \frac{10^{-4}}{2\pi}$F.

Khi có cộng hưởng : $Z = R + r = 100\Omega$.

Cường độ dòng điện: $I = \dfrac{U}{Z} = \dfrac{120}{100} = 1{,}2A$.

Công suất : $P = 100.1{,}2^2 = 144W$.

8. a) Biểu thức dòng điện

Cảm kháng : $Z_L = 2\pi fL = 2\pi.50.\dfrac{1}{2\pi} = 50\Omega$.

Dung kháng : $Z_C = = \dfrac{1}{2\pi fC} = \dfrac{1}{2\pi 50\dfrac{10^{-4}}{\pi}} = 100\Omega$.

Tổng trở : $Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2} = \sqrt{50^2 + (50 - 100)^2} = 50\sqrt{2}\ \Omega$.

Biên độ dòng điện: $I_0 = \dfrac{U\sqrt{2}}{Z} = \dfrac{150\sqrt{2}}{50\sqrt{2}} = 3A$.

Độ lệch pha : $\tan\varphi = \dfrac{Z_L - Z_C}{R} = \dfrac{50 - 100}{50} = -1 \Rightarrow \varphi = -\dfrac{\pi}{4}$.

Biểu thức dòng điện : $i = 3\cos(100\pi t + \dfrac{\pi}{4})$ A.

b) Xác định C

Trong mạch xảy ra cộng hưởng khi $Z_L = Z_C = 50\Omega$.

$$\Rightarrow C = \frac{1}{2\pi f Z_L} = \frac{1}{2\pi 50.50} = \frac{1}{5\pi}.10^{-3}\ F.$$

Dòng điện : $I = \dfrac{U}{Z} = \dfrac{U}{R} = \dfrac{150}{50} = 3A$.

Công suất : $\mathscr{P} = I^2R = 3^2.50 = 450$ W.

9. a) Khi $\mathscr{P}_1 = \mathscr{P}_2$, ta có $R_1\dfrac{U_1^2}{R_1^2 + (Z_L - Z_C)^2} = R_2\dfrac{U_2^2}{R_2^2 + (Z_L - Z_C)^2}$

với : $Z_L = 120\pi\dfrac{1}{4\pi} = 30\ \Omega$. Từ đó suy được hai giá trị của Z_C :

$Z_{C_1} = 6(\Omega) \Rightarrow C_1 = \dfrac{1}{720\pi}(F) = 442\mu F$.

$Z_{C_2} = 54(\Omega) \Rightarrow C_2 = \dfrac{1}{120\pi.54}(F) = 49\mu F$.

Suy ra công suất : $\mathscr{P}_1 = \mathscr{P}_2 = 288W$.

b) Với $R = R_1 = 18\Omega$. Phương trình dòng điện:

$i = 4\sqrt{2}\sin(120\pi t + \arctan\dfrac{4}{3})$ ứng với $Z_C = 54\Omega$.

và $i = 4\sqrt{2}\sin(120\pi t - \arctan\dfrac{4}{3})$ ứng với $Z_C = 6\Omega$.

10. a) Ta có $\cos\varphi = 1 \Rightarrow Z_C = Z_L = 100\Omega \Rightarrow L = \frac{1}{\pi}H$.

Khi đó : $I_{max} = \frac{U}{R} = \frac{100\sqrt{2}}{100} = \sqrt{2}A$. Công suất : $\mathcal{P}_{max} = RI^2_{max} = 200W$.

b) Ta có: $I^2 = \frac{\mathcal{P}}{R} = \frac{100}{100} = 1 \Rightarrow I = 1A$.

$\Rightarrow Z = \frac{U}{I} = \frac{100\sqrt{2}}{1} = 100\sqrt{2}\Omega$.

Cảm kháng cho bởi : $Z^2 = R^2 + (Z_L - Z_C)^2$

$(Z_L - Z_C)^2 = Z^2 - R^2 = 100^2 \Rightarrow Z_L - Z_C = \pm 100$.

Vì $Z_C = 100$ nên có 2 giá trị $Z_L = 0$ và $Z_L = 200\Omega$.

$\Rightarrow L = 0$ và $L = \frac{2}{\pi}H$. Với $\tan\varphi = \frac{Z_L - Z_C}{R} = \pm 1 \Rightarrow \varphi = \pm\frac{\pi}{4}$.

Có hai biểu thức :

Khi $Z_L = 0$ thì $i = \sqrt{2}\cos(100\pi t + \frac{\pi}{4})(A)$.

Khi $Z_L = 200\Omega$ thì $i = \sqrt{2}\cos(100\pi t - \frac{\pi}{4})(A)$.

Bài 30

MÁY PHÁT ĐIỆN XOAY CHIỀU

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Nguyên tắc hoạt động phát phát điện xoay chiều

• Nguyên tắc hoạt động của các loại máy phát điện xoay chiều là dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ. Nếu từ thông qua mỗi vòng dây biến đổi theo quy luật $\Phi_1 = \Phi_0\cos\omega t$ và trong cuộn dây có N vòng giống nhau, thì suất điện động xoay chiều là:

$$e = -N\frac{d\Phi_1}{dt} = 2\pi fN\Phi_0\sin\omega t \text{ hay } e = 2\pi f\Phi_0 N\cos(\omega t - \frac{\pi}{2}).$$

trong đó Φ_0 là từ thông cực đại qua một vòng dây.

Biên độ của suất điện động là : $E_0 = \omega N\Phi_0$.

• Có hai cách tạo ra suất điện động xoay chiều thường dùng:

– Từ trường cố định, các vòng dây quay trong từ trường.

– Từ trường quay, các vòng dây đặt cố định.

2. Máy phát điện xoay chiều một pha

a) Các bộ phận chính

Mỗi máy phát điện xoay chiều đều có hai bộ phận chính là phần cảm và phần ứng.

– Phần cảm là nam châm điện hoặc nam châm vĩnh cửu. Đó là phần tạo ra từ trường.

– Phần ứng là những cuộn dây, trong đó xuất hiện suất điện động cảm ứng khi máy hoạt động.

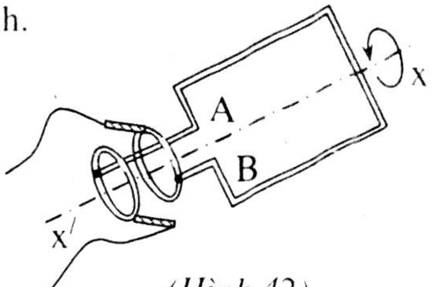
Một trong hai phần đặt cố định, phần còn lại quay quanh một trục. Phần cố định gọi là stato, phần quay gọi là rôto.

b) Hoạt động

Các máy phát điện xoay chiều một pha có thể hoạt động theo hai cách :

– Cách thứ nhất : phần ứng quay, phần cảm cố định.

– Cách thứ hai : phần cảm quay, phần ứng cố định.



(Hình 42)

Các máy hoạt động theo cách thứ nhất có stato là nam châm đặt cố định, rôto là khung dây quay quanh một trục trong từ trường tạo bởi stato.

Để dẫn dòng điện ra mạch ngoài, người ta dùng hai vành khuyên đặt đồng trục và cùng quay với khung dây như hình 42.

Mỗi vành khuyên có một thanh quét tì vào. Khi khung dây quay, hai vành khuyên trượt trên hai thanh quét, dòng điện truyền từ khung dây qua hai thanh quét ra ngoài.

Gọi n(vòng/giây) là tốc độ quay của rôto, p là số cặp cực thì tần số của suất điện động do máy phát ra là f = np.

3. Máy phát điện xoay chiều ba pha

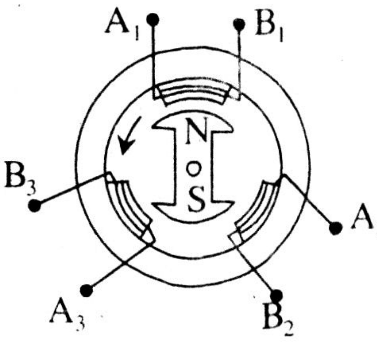
a) Dòng điện xoay chiều ba pha

Dòng điện xoay chiều ba pha là hệ thống ba dòng điện xoay chiều, gây bởi ba suất điện động cùng tần số, cùng biên độ nhưng lệch nhau về pha là $\frac{2\pi}{3}$ từng đôi một.

Nếu chọn gốc thời gian thích hợp thì biểu thức của các suất điện động là:

$$e_1 = E_0 \cos\omega t \;;\; e_2 = E_0 \cos\omega(t - \frac{2\pi}{3}) \text{ và } e_3 = E_0 \cos\omega(t + \frac{2\pi}{3}).$$

b) Cấu tạo và hoạt động của máy phát điện xoay chiều ba pha



(Hình 43)

Máy phát điện xoay chiều ba pha có cấu tạo giống như máy phát điện một pha hoạt động theo cách thứ hai nhưng stato có ba cuộn dây riêng rẽ, hoàn toàn giống nhau quấn trên ba lõi sắt đặt lệch nhau 120^0 trên một vòng tròn. Rôto là một nam châm điện như hình 43.

Khi rôto quay đều, các suất điện động cảm ứng xuất hiện trong ba cuộn dây có cùng biên độ, cùng tần số nhưng lệch nhau về pha là $2\pi/3$.

Nếu nối ba cuộn với ba mạch ngoài giống nhau thì ta có hệ ba dòng điện cùng biên độ, cùng tần số nhưng lệch nhau về pha là $2\pi/3$.

Người ta thường không sử dụng suất điện động xoay chiều ba pha trong ba cuộn dây của máy phát một cách độc lập mà mắc các cuộn dây với mạch ngoài thành một hệ thống. Có hai cách mắc là mắc hình sao và mắc hình tam giác.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Phần ứng của một máy phát điện xoay chiều có N = 200 vòng dây giống nhau. Từ thông qua một vòng dây có giá trị cực đại là 2mWb và biến thiên điều hoà với tần số 50Hz. Suất điện động của máy có giá trị hiệu dụng là bao nhiêu ?

2. Phân biệt dòng điện xoay chiều một pha với dòng điện xoay chiều ba pha.

3. Trong trường hợp ba suất điện động của máy phát ba pha mắc theo hình sao và ba tải cũng được mắc theo hình sao thì phải có bốn đường dây nối từ nguồn đến tải. Hãy xét trường hợp ba tải đối xứng và chứng minh rằng trong số bốn đường dây nối ấy có một đường dây tại đó cường độ dòng điện luôn luôn bằng không (đường dây trung hòa).

4. Một máy phát điện xoay chiều có 2 cặp cực, roto quay với tốc độ 2400 vòng/phút. Một máy khác có 6 cặp cực, nó phải quay với vận tốc bằng bao nhiêu để phát ra dòng điện cùng tần số với máy thứ nhất?

5. Một máy phát điện có phần cảm gồm hai cặp cực và phần ứng gồm 4 cuộn dây mắc nối tiếp, có suất điện động hiệu dụng 200V và tần số 60 Hz.

   a) Tính vận tốc quay của roto.

   b) Tính số vòng dây của mỗi cuộn dây trong phần ứng, biết từ thông cực đại của mỗi vòng dây là 6mWb.

6. Một máy phát điện ba pha mắc hình sao có điện áp dây 220V và tần số 50Hz.

   a) Tính điện áp U_f.

   b) Các tải cũng mắc hình sao vào máy phát trên. Hỏi điện áp đặt vào các tải là điện áp pha hay điện áp dây?

   c) Mắc vào mỗi pha một bóng đèn có điện trở R = 12Ω theo kiểu hình tam giác. Tính dòng điện trong mỗi tải.

7. Một máy phát điện ba pha mắc hình sao có điện áp pha 127V và tần số 50Hz. Người ta đưa dòng ba pha vào ba tải như nhau mắc hình tam giác, mỗi tải có điện trở thuần 100Ω và tụ điện có điện dung $C = \frac{1}{2\pi}.10^{-4}$ F.

   a) Tính cường độ dòng điện đi qua các tải.

   b) Tính công suất do các tải tiêu thụ.

8. Một khung dây phẳng gồm 50vòng dây, mỗi vòng có diện tích 400cm^2 đặt trong một từ trường đều có cảm ứng từ 0,05T. Lúc t = 0 pháp tuyến của khung dây có cùng hướng với vectơ cảm ứng từ. Cho khung dây quay với tốc độ không đổi 600vòng/phút. Trục quay của khung vuông góc với các đường cảm ứng.

   a) Viết biểu thức của từ thông qua mỗi vòng dây theo thời gian.

   b) Lập biểu thức suất điện động cảm ứng trong khung. Lấy π = 3,14.

   c) Nối hai đầu khung dây với điện trở thuần R = 40Ω. Điện trở của khung dây không đáng kể. Tính cường độ hiệu dụng của dòng điện qua điện trở.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Suất điện động hiệu dụng:

$$E = \frac{E_0}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi f N\Phi_0}{\sqrt{2}} = \frac{2.3,14.50.200.2.10^{-3}}{\sqrt{2}} = 89,1V.$$

2. Dòng điện xoay chiều một pha là dòng điện có cường độ biến thiên tuần hoàn với thời gian theo quy luật của hàm số sin hay côsin.

Trong khi đó, dòng điện xoay chiều ba pha là hệ thống gồm ba dòng điện xoay chiều một pha có cùng tần số, nhưng lệch pha với nhau 120^0 từng đôi một.

Như vậy, dòng điện xoay chiều một pha là một thành phần trong dòng điện xoay chiều ba pha.

3. Khi các suất điện động và tải đối xứng đều mắc hình sao thì dòng điện trong các tải có biểu thức lần lượt là:

$$i_1 = I_0\cos\omega t \,;\, i_2 = I_0\cos(\omega t - \frac{2\pi}{3}) \,;\, i_3 = I_0\cos(\omega t - \frac{4\pi}{3})$$

Cường độ dòng điện trong dây trung hoà: $i = i_1 + i_2 + i_3 = 0$.

4. Máy có hai cặp cực : $f_1 = \frac{2n_1}{60}$.

Máy có sáu cặp cực : $f_2 = \frac{2n_2}{60}$.

Khi $f_1 = f_2$: $\frac{2n_1}{60} = \frac{6n_2}{60} \Rightarrow n_2 = \frac{n_1}{3} = \frac{2400}{3} = 800$ vòng/phút.

5. a) Từ $f = \frac{n}{60}p \rightarrow n = \frac{60f}{p} = \frac{60.60}{2} = 1800$ vòng/phút

b) Gọi N là số vòng dây của 4 cuộn dây

Suất điện động hiệu dụng : $E = \frac{N\omega\Phi_0}{\sqrt{2}} = \frac{N.2\pi f\Phi_0}{\sqrt{2}}$

$$\Rightarrow N = \frac{E\sqrt{2}}{2\pi f\Phi_0} = \frac{200\sqrt{2}}{2\pi.60.0,006} \approx 125 \text{ vòng}$$

Số vòng dây của mỗi cuộn dây : $N' = \frac{N}{4} \approx 31$ vòng.

6. a) Từ $U_d = \sqrt{3}\,U_f \Rightarrow U_f = \frac{U_d}{\sqrt{3}} = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127$ V.

b) Điện áp đặt vào các tải là điện áp dây.

c) Dòng điện: $I = \frac{U_d}{R} = \frac{220}{12} = 18,3$ A.

7. a) Tính cường độ dòng điện đi qua các tải

Vì các tải như nhau nên dòng điện đi qua chúng có cường độ như nhau. Điện áp ở hai đầu mỗi tải là điện áp dây (U_d) của máy phát điện :

$$U_d = \sqrt{3}\,U_p = 127\sqrt{3} = 220V.$$

Dung kháng : $Z_C = \dfrac{1}{2\pi fC} = \dfrac{1}{2\pi 50\dfrac{1}{2\pi}10^{-4}} = 200\Omega$.

Tổng trở mỗi pha: $Z = \sqrt{R^2 + Z_C^2} = \sqrt{100^2 + 200^2} = 100\sqrt{5}\Omega$

Cường độ dòng điện qua các tải: $I = \dfrac{U_d}{Z} = \dfrac{220}{100\sqrt{5}} = 0,98A$.

b) Công suất tiêu thụ tổng cộng bằng 3 lần công suất tiêu thụ trên mỗi tải:

$\mathscr{P} = 3UI\cos\varphi = 3UI\dfrac{R}{Z} = \dfrac{3.220.0,98.100}{100\sqrt{5}} = 290W$.

8. Ta có: n = 600 vòng/phút = 10 vòng/s.

Tại thời điểm t, góc giữa pháp tuyến của khung dây và cảm ứng từ là $\alpha = 2\pi nt$.

Từ thông qua một vòng dây là:

$\Phi_1 = BS\cos\alpha = BS\cos 2\pi nt$.

Thay số: $\Phi_1 = 0,05.4.10^{-2}\cos 2\pi .10t = 2.10^{-3}\cos 20\pi t$ (Wb).

b) Vì khung dây có N vòng giống nhau nên trong khung có suất điện động :

$e = -N\dfrac{d\Phi_1}{dt} = N.2.10^{-3}.20\pi \sin 20\pi t$ hay $e = 6,28\sin 20\pi t$ (V).

c) Suất điện động hiệu dụng là : $E = \dfrac{E_0}{\sqrt{2}} = \dfrac{6,28}{\sqrt{2}} \approx 4,4$ V.

Vì điện trở của khung dây không đáng kể nên E = U.

Cường độ hiệu dụng là : $I = \dfrac{U}{R} = \dfrac{4,4}{40} \approx 0,11$ A.

Bài 31

ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ BA PHA

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Nguyên tắc hoạt động của động cơ không đồng bộ

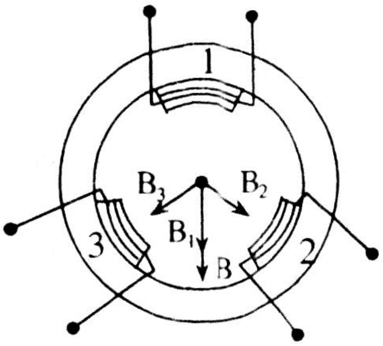
Khi quay một nam châm quanh một trục, từ trường do nam châm gây ra có các đường sức từ quay trong không gian. Đó là một từ trường quay.

Nếu đặt giữa hai cực của một nam châm hình chữ U một khung dây dẫn kín có thể quay quanh trục xx' trùng với trục quay của nam châm và quay đều nam châm chữ U thì khung dây quay theo cùng chiều, đến một lúc nào đó khung dây cũng quay đều nhưng với vận tốc góc nhỏ hơn vận tốc góc của nam châm. Do khung dây và từ trường quay với các vận tốc góc khác nhau nên ta nói chúng quay không đồng bộ với nhau.

2. Tạo ra từ trường quay bằng dòng điện ba pha

Từ trường quay có thể tạo ra bằng dòng điện ba pha như sau : Mắc ba cuộn dây giống nhau, bố trí lệch nhau 1/3 vòng tròn như hình 44 với mạng điện ba pha.

Trong ba cuộn dây có ba dòng điện cùng biên độ, cùng tần số nhưng lệch pha nhau $\frac{2\pi}{3}$. Mỗi cuộn dây đều gây ra ở vùng xung quanh trục O một từ trường mà cảm ứng từ có phương nằm dọc theo trục cuộn dây và biến đổi tuần hoàn với tần số ω nhưng lệch pha nhau $\frac{2\pi}{3}$.



(Hình 44)

Có thể chứng minh được vectơ cảm ứng từ $\vec{B}$ của từ trường tổng hợp có độ lớn không đổi và quay trong mặt phẳng song song với ba trục cuộn dây với vận tốc góc bằng ω.

3. Cấu tạo và hoạt động của động cơ không đồng bộ ba pha

Động cơ không đồng bộ ba pha gồm hai bộ phận chính:

– Stato có ba cuộn dây giống nhau quấn trên ba lõi sắt bố trí lệch nhau $\frac{1}{3}$ vòng tròn.

– Rôto có dạng là rôto lồng sóc.

Khi mắc các cuộn dây ở stato với nguồn điện ba pha, từ trường quay tạo thành có vận tốc góc bằng tần số góc của dòng điện. Từ trường quay tác dụng lên các khung dây ở rôto các momen lực làm rôto quay với vận tốc nhỏ hơn vận tốc quay của từ trường. Chuyển động quay của rôto được sử dụng để làm quay các máy khác.

Công suất tiêu thụ của động cơ điện ba pha bằng công suất tiêu thụ của ba cuộn dây ở stato cộng lại. Hiệu suất của động cơ được xác định bằng tỉ số giữa công suất cơ học hữu ích $\mathscr{P}_i$ mà động cơ sinh ra và công suất tiêu thụ $\mathscr{P}$ của động cơ: $H = \frac{\mathscr{P}_i}{\mathscr{P}}$.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Trong động cơ cảm ứng, khi nam châm để tạo ra từ trường quay với tốc độ góc không đổi và trong điều kiện không ma sát thì ta có tốn năng lượng không? Hãy giải thích.
2. Tại sao tốc độ quay của động cơ không đồng bộ lại kém tốc độ quay của từ trường? Nếu ta tăng công suất tiêu thụ của tải mà động cơ ấy phải kéo thì tốc độ quay của động cơ biến thiên thế nào ? Hãy giải thích.
3. Một động cơ điện xoay chiều tiêu thụ công suất 1,5kW và có hiệu suất 80%. Tính công cơ học hữu ích do động cơ sinh ra trong 30 phút.
4. Một động cơ không đồng bộ ba pha mắc theo kiểu tam giác vào mạch ba pha có điện áp pha là 220V. Công suất điện của động cơ là 5,7kW; hệ số công suất của động cơ là 0,85. Tính cường độ dòng điện chạy qua mỗi cuộn dây của động cơ.
5. Một động cơ không đồng bộ ba pha đấu theo hình sao vào một mạng điện ba pha có điện áp dây 380V. Động cơ có công suất 6 kW và cosφ = 0,85. Tính cường độ dòng điện chạy qua động cơ.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Khi nam châm để tạo ra từ trường quay với tốc độ góc không đổi và trong điều kiện không ma sát thì ta vẫn tốn tón năng lượng, vì phải mất một phần năng lượng chống lại ngẫu lực cản sinh ra theo định luật Len-xơ.

2. – Tốc độ quay của động cơ không đồng bộ phải kém tốc độ quay của từ trường để tạo ra sự biến thiên từ thông trong khung dây, từ đó sinh ra dòng điện cảm ứng.
   – Nếu tăng công suất tiêu thụ của tải mà động cơ phải kéo và nếu độ lớn của từ trường quay không tăng thì tốc độ quay của động cơ sẽ giảm đi.

3. Công suất hữu ích: $\mathcal{P}_i = H.\mathcal{P} = \frac{80}{100}.1500 = 1200W$.

   Công cơ học hữu ích: $A = \mathcal{P}_i.t = 1200.30.60 = 2160kJ$.

4. Ta có: $\mathcal{P} = 3UIcos\varphi \Rightarrow$ cường độ dòng điện $I = \frac{\mathcal{P}}{3U\cos\varphi}$.

   Thay số: $I = \frac{5700}{3.220.0,85} = 10,16A$.

5. Điện áp ở hai đầu mỗi cuộn dây của động cơ điện là điện áp pha của mạng điện: $U_f = \frac{U_d}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220V$.

   Công suất do động cơ tiêu thụ bằng 3 lần công suất tiêu thụ trên mỗi pha của động cơ, do đó công suất tiêu thụ trên mỗi pha:

   $$\mathcal{P}_f = \frac{\mathcal{P}}{3} = \frac{6000}{3}W.$$

   Từ $\mathcal{P}_f = U_f.I.cos\varphi \Rightarrow I = \frac{\mathcal{P}_f}{U_f\cos\varphi} = \frac{6000}{3.220.0,85} = 10,7A$.

Bài 32-33

MÁY BIẾN ÁP. TRUYỀN TẢI ĐIỆN NĂNG
BÀI TẬP VỀ DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

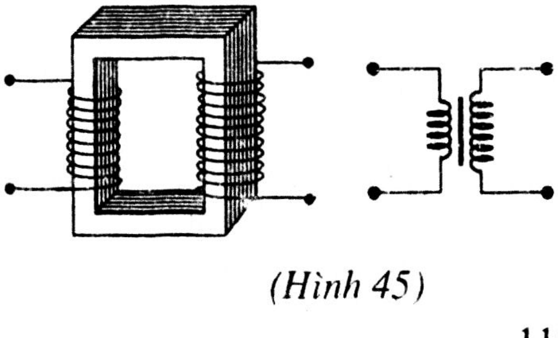
A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Máy biến áp

Máy biến áp là thiết bị làm việc dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ, dùng để tăng hoặc giảm điện áp xoay chiều và không làm thay đổi tần số của nó.

a) Cấu tạo và nguyên tắc hoạt động

Máy biến áp gồm hai cuộn dây có số vòng khác nhau quấn trên một lõi sắt kín. Lõi thường làm bằng các lá sắt hoặc thép pha silic, ghép cách điện với nhau để giảm hao phí điện năng do dòng Phu-cô. Các cuộn dây thường làm bằng đồng để có điện trở nhỏ và được cách điện với lõi (hình 45)



(Hình 45)

Một trong hai cuộn dây nối với nguồn điện xoay chiều, gọi là cuộn sơ cấp. Cuộn thứ hai nối với tải tiêu thụ, gọi là cuộn thứ cấp. Dòng điện xoay chiều chạy trong cuộn sơ cấp gây ra từ thông biến thiên qua cuộn thứ cấp, làm xuất hiện trong cuộn thứ cấp một suất điện động xoay chiều. Nếu mạch thứ cấp kín thì có dòng điện chạy trong cuộn thứ cấp.

b) Sự biến đổi điện áp và cường độ dòng điện qua máy biến áp

Khi máy biến áp hoạt động thì ta có: $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = k$.

– Nếu k < 1 thì ta gọi máy biến áp là máy tăng áp.

– Nếu k > 1 ta gọi máy biến áp là máy hạ áp.

Nếu các hao phí điện năng trong máy biến áp không đáng kể thì:

$$U_1I_1 = U_2I_2 \text{ hay } \frac{I_2}{I_1} = \frac{U_1}{U_2}.$$

Do đó, máy biến áp làm tăng điện áp lên bao nhiêu lần thì làm giảm cường độ dòng điện đi bấy nhiêu lần và ngược lại.

2. Truyền tải điện

Điện năng truyền tải đi xa thường bị tiêu hao đáng kể, chủ yếu do toả nhiệt trên đường dây. Gọi R là điện trở đường dây, $\mathscr{P}$ là công suất truyền đi, U là điện áp ở nơi phát, cosφ là hệ số công suất của mạch điện thì công suất hao phí trên dây là :

$$\Delta\mathscr{P} = RI^2 \text{ hay } \Delta\mathscr{P} = R\frac{\mathscr{P}^2}{(U\cos\varphi)^2}$$

Đối với một hệ thống truyền tải điện với cosφ và $\mathscr{P}$ xác định, có hai cách giảm $\Delta\mathscr{P}$.

– Cách thứ nhất : giảm điện trở R của đường dây. Đây là cách làm tốn kém vì phải tăng tiết diện của dây, do đó tốn nhiều kim loại làm dây và phải tăng sức chịu đựng của các cột điện.

– Cách thứ hai : tăng điện áp U ở nơi phát điện và giảm điện áp ở nơi tiêu thụ điện tới giá trị cần thiết. Cách này thực hiện đơn giản bằng máy biến áp, do đó được áp dụng rộng rãi.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Một biến thế dùng trong máy thu vô tuyến điện có một cuộn sơ cấp gồm 800 vòng mắc vào mạng điện 24V và ba cuộn thứ cấp để lấy ra các điện áp 6V; 12V và 18V. Tính số vòng dây ở mỗi cuộn thứ cấp.
2. Cuộn sơ cấp của một biến áp được nối với mạng điện có điện áp 380V. Cuộn thứ cấp có dòng điện cường độ 1,5A chạy qua và có điện áp ở hai đầu dây là 12V. Biết số vòng dây của cuộn thứ cấp là 30. Tính số vòng dây của cuộn sơ cấp và cường độ dòng điện chạy qua nó. Bỏ qua hao phí điện năng trong máy.
3. Biến áp lí tưởng cung cấp một dòng điện 30A dưới một điện áp hiệu dụng 220V. Điện áp hiệu dụng ở cuộn sơ cấp là 5kV.

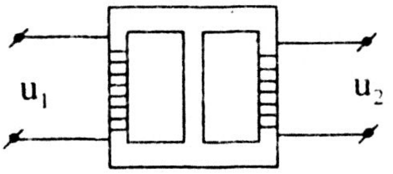
   a) Tính công suất tiêu thụ ở cửa vào và ở cửa ra của biến áp.

b) Tính cường độ hiệu dụng ở cuộn sơ cấp.

c) Tính tỉ số biến áp.

4. Một máy biến thế có lõi đối xứng gồm ba nhánh, được cuốn hai cuộn dây như hình 46. Khi mắc một cuộn vào điện áp xoay chiều thì các đường sức từ do nó sinh ra không bị thoát ra ngoài và chia đều cho hai nhánh còn lại.

Nếu mắc hai đầu cuộn 1 vào một điện áp xoay chiều có điện áp hiệu dụng $U_1 = 80V$, thì điện áp ở hai đầu cuộn 2 để hở là U_2. Hỏi khi mắc vào hai đầu cuộn 2 một điện áp U_2 thì điện áp ở hai đầu cuộn 1 để hở là bao nhiêu? Xem điện trở các cuộn dây là không đáng kể.



(Hình 46)

5. Điện năng ở một trạm phát điện được truyền đi dưới điện áp 2kV và công suất 200kW. Hiệu số chỉ của các công tơ điện ở trạm phát và ở nơi thu sau mỗi ngày đêm lệch nhau thêm 480kWh.

a) Tính công suất điện hao phí trên đường dây tải điện.

b) Cần tăng điện áp ở trạm phát đến giá trị nào để điện năng hao phí trên đường dây chỉ bằng 2,5% điện năng truyền đi? Coi công suất truyền đi ở trạm phát điện không đổi.

6. Một máy phát điện xoay chiều có công suất 1000 kW. Dòng điện nó phát ra sau khi tăng thế được truyền đi xa bằng một đường dây có điện trở 20Ω. Tính hao phí điện năng trên đường dây, nếu điện áp đưa lên đường dây :

a) 50 kV .

b) 100 kV.

7. Một biến áp cung cấp một công suất 4kW dưới một điện áp hiệu dụng 110V. Biến áp đó nối với đường dây tải điện có điện trở tổng là 2Ω.

a) Tính cường độ hiệu dụng trên đường dây tải điện.

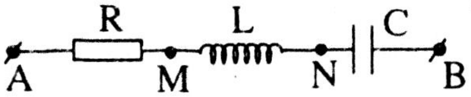
b) Tính độ sụt thế trên đường dây tải điện.

c) Tính điện áp hiệu dụng ở cuối đường dây tải điện.

d) Xác định công suất tổn hao trên đường dây đó.

e) Thay biến áp trên đây bằng một biến áp có cùng công suất nhưng điện áp hiệu dụng ở cửa ra là 220V. Tính toán lại các đại lượng nêu ra ở bốn câu hỏi trên.

8. Một đoạn mạch điện AB gồm một điện trở thuần R = 100 Ω, một cuộn cảm thuần và một tụ điện mắc nối tiếp (hình 47). Biết điện áp hiệu dụng giữa hai đầu điện trở, cuộn cảm, tụ điện lần lượt là $U_R = 50V$; $U_L = 50V$; $U_C = 87,5$ V; tần số dòng điện là 50Hz.



(Hình 47)

a) Tính độ tự cảm của cuộn cảm và điện dung của tụ điện.

b) Tính tổng trở của đoạn mạch AB và điện áp hiệu dụng U_{AB}.

c) Vẽ giản đồ Fre-nen. Từ đó tìm độ lệch pha của điện áp giữa hai điểm A và N so với điện áp giữa hai điểm M và B; tìm lại U_{AB}.

9. Một đoạn mạch chứa hai trong ba phần tử : tụ điện, điện trở thuần, cuộn cảm thuần mắc nối tiếp. Biết điện áp giữa hai đầu đoạn mạch và cường độ dòng điện qua nó lần lượt có biểu thức :

$$u = 60\cos 100\pi t \text{ (V) và } i = 0{,}5\sin\left(100\pi t + \frac{\pi}{6}\right) \text{ (A)}$$

a) Hỏi trong đoạn mạch có các phần tử nào? Tính dung kháng, cảm kháng hoặc điện trở tương ứng với mỗi phần tử đó.

b) Tính công suất tiêu thụ của đoạn mạch.

10. Một đường dây tải điện xoay chiều một pha đến nơi tiêu thụ ở xa 3km. Giả thiết dây dẫn làm bằng nhôm có điện trở suất $\rho = 2{,}5.10^{-8}$ Ω.m và có tiết diện 0,5 cm^2. Điện áp và công suất truyền đi ở trạm phát điện lần lượt là U = 6 kV, $\mathscr{P}$ = 540 kW. Hệ số công suất của mạch điện là $\cos\varphi = 0{,}9$. Hãy tìm công suất hao phí trên đường dây và hiệu suất truyền tải điện.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Từ công thức : $\dfrac{U_1}{U_2} = \dfrac{N_1}{N_2} \Rightarrow N_2 = \dfrac{U_2}{U_1}N_1$

Với $U_2 = 6\text{V}$: $N_2 = \dfrac{6}{24}.800 = 200$ vòng.

Với $U_2 = 12\text{V}$: $N_2 = \dfrac{12}{24}.800 = 400$ vòng.

Với $U_2 = 6\text{V}$: $N_3 = \dfrac{18}{24}.800 = 600$ vòng.

2. Ta có: $\dfrac{U_1}{U_2} = \dfrac{N_1}{N_2} \Rightarrow N_1 = \dfrac{U_1}{U_2}N_2 = \dfrac{380}{12}.30 = 950$ vòng.

$\dfrac{U_1}{U_2} = \dfrac{I_2}{I_1} \Rightarrow I_1 = \dfrac{U_2}{U_1}I_2 = \dfrac{12}{380}.1{,}5 = 0{,}047\text{A}.$

3. a) Vì biến áp là lí thưởng nên $\mathscr{P}_1 = \mathscr{P}_2 = U_2I_2 = 220.30 = 6600\text{W}$.

b) Ta có $\mathscr{P}_1 = U_1I_1 \Rightarrow I_1 = \dfrac{\mathscr{P}_1}{U_1} = \dfrac{6600}{5000} = 1{,}32\text{A}.$

c) Tỉ số biến áp: $\dfrac{N_2}{N_1} = \dfrac{U_2}{U_1} = \dfrac{220}{5000} = 0{,}044.$

4. Khi cuộn 1 mắc vào điện áp U_1 thì:

điện áp hai đầu mỗi cuộn dây : $u_1 = e_1 = N_1\dfrac{\Delta\Phi_1}{\Delta t}$ và $u_2 = e_2 = N_2\dfrac{\Delta\Phi_1'}{\Delta t}$

$$\text{với } \frac{\Delta\Phi_1'}{\Delta t} = \frac{1}{2}.\frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t} \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{2N_1}$$

Khi cuộn 2 mắc vào điện áp U_2 thì điện áp hai đầu mỗi cuộn dây :

$$u_2 = e_2 = N_2\frac{\Delta\Phi_2}{\Delta t} \text{ và } u_1' = e_1' = N_1\frac{\Delta\Phi_2'}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow \frac{U_1'}{U_2} = \frac{N_1}{2N_2} \Rightarrow U_1' = \frac{U_1}{4} = 20\text{V}.$$

5. a) Công suất điện hao phí: $P_{hp} = \frac{Q}{t} = \frac{480}{24} = 20\text{kW}$.

b) Khi điện năng hao phí bằng 2,5% điện năng truyền đi thì công suất hao phí là: $P' = \frac{2,5}{100}.200 = 5\text{kW}$.

Gọi R là điện trở của đường dây thì: $\Delta P = I^2R$; $\Delta P' = I'^2R$;

Lập tỉ số: $\frac{\Delta P'}{\Delta P} = \frac{I'^2}{I^2} \Rightarrow \frac{I'}{I} = \sqrt{\frac{\Delta P'}{\Delta P}} = \frac{1}{2}$.

Vì công suất truyền đi ở trạm phát điện không đổi nên ta có:

$U'I' = UI \Rightarrow U' = \frac{I}{I'}U = 2U = 4\text{kV}$.

6. * Khi U = 50 kV.

Cường độ dòng điện trên dây: $I = \frac{\mathscr{P}}{U} = \frac{1000.10^3}{50.10^3} = 20\text{A}$.

Công suất hao phí : $\mathscr{P} = I^2R = 20^2.20 = 8000\text{ W} = 8\text{ kW}$

* Khi U = 100 kV.

Cường độ dòng điện trên dây : $I = \frac{\mathscr{P}}{U} = \frac{1000.10^3}{100.10^3} = 10\text{A}$.

Công suất hao phí : $\mathscr{P} = I^2R = 10^2.20 = 2000\text{W} = 2\text{ kW}$.

7. a) Cường độ hiệu dụng trên đường dây: $I_2 = \frac{\mathscr{P}_2}{U_2} = \frac{4000}{110} = 36,36\text{A}$.

b) Độ sụt thế trên đường dây tải điện: $U_d = I_2R = 36,36.2 = 72,72\text{V}$.

c) Điện áp hiệu dụng ở cuối đường dây:

$$U = U_2 - U_d = 110 - 72,72 = 37,28\text{V}.$$

d) Công suất tổn hao trên đường dây:

$$P_{hp} = I_2^2R = 36,36^2.2 = 2644,1\text{W}.$$

e) Với $U_2 = 220\text{V}$ thì:

– Cường độ hiệu dụng trên đường dây: $I_2 = \frac{\mathscr{P}_2}{U_2} = \frac{4000}{220} = 18,18\text{A}$.

– Độ sụt thế trên đường dây tải điện: $U_d = I_2R = 18,18.2 = 36,36\text{V}$.

– Điện áp hiệu dụng ở cuối đường dây:

$$U = U_2 - U_d = 220 - 36,36 = 183,64\text{ V}.$$

– Công suất tổn hao trên đường dây:

$$P_{hp} = I_2^2 R = 18,18^2.2 = 661\ \text{W}.$$

8. a) Cường độ dòng điện : $I = \dfrac{U_R}{R} = \dfrac{50}{100} = 0,5\text{A}$.

Cảm kháng : $Z_L = \dfrac{U_L}{I} = \dfrac{50}{0,5} = 100\ \Omega \Rightarrow L = \dfrac{Z_L}{2\pi f} = \dfrac{1}{\pi}\text{H}$.

Dung kháng : $Z_C = \dfrac{U_C}{I} = \dfrac{87,5}{0,5} = 175\Omega \Rightarrow C = \dfrac{1}{2\pi f Z_C} \approx 18,2\ \mu\text{F}$.

b) Tổng trở: $Z = \sqrt{R^2 + (Z_L - Z_C)^2} = \sqrt{100^2 + (100 - 175)^2} = 125\Omega$

Điện áp : $U_{AB} = IZ = 0,5.125 = 62,5\text{V}$.

c) Giản đồ Fre-nen vẽ như hình 48.

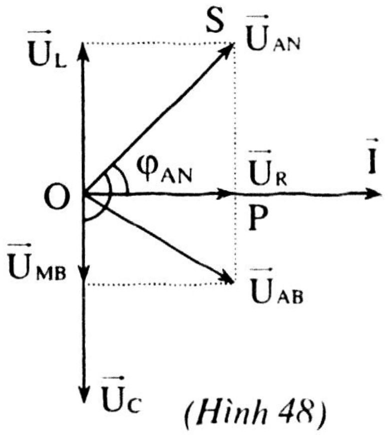
Trong đó : $\vec{U}_{AN} = \vec{U}_R + \vec{U}_L$

$\vec{U}_{MB} = \vec{U}_L + \vec{U}_C$

Ta có: $\tan\varphi_{AN} = \dfrac{U_{0L}}{U_{0R}} = 1 \Rightarrow \varphi_{AN} = \dfrac{\pi}{4}$

Góc tạo bởi hai vectơ $\vec{U}_{MB}$ và $\vec{U}_{AN}$ là :

$$\varphi_1 + \frac{\pi}{2} = \frac{3\pi}{4}$$



(Hình 48)

Vậy điện áp $\vec{U}_{AN}$ nhanh pha hơn $\vec{U}_{MB}$ một góc $\dfrac{3\pi}{4}$.

$$U_{AB} = \sqrt{U_R^2 + (U_C - U_L)^2} = \sqrt{50^2 + (87,5 - 50)^2} = 62,5\text{V}.$$

9. a) Nhận xét: $i = 0,5\sin(100\pi + \dfrac{\pi}{6}) \Leftrightarrow i = 0,5\cos(100\pi - \dfrac{\pi}{3})$ (A).

So với $u = 60\cos 100\pi t$ (V) thì thấy u nhanh pha hơn i một góc $\dfrac{\pi}{3}$.

Đoạn mạch có tính cảm kháng nên gồm cuộn cảm thuần và điện trở thuần mắc nối tiếp.

Tổng trở của mạch: $Z = \dfrac{U_0}{I_0} = \dfrac{60}{0,5} = 120\Omega$.

Vì u nhanh pha hơn i một góc $\dfrac{\pi}{3}$ nên $\tan\varphi = \dfrac{Z_L}{R} = \sqrt{3} \Rightarrow Z_L = \sqrt{3}R$

Ta có: $Z = \sqrt{R^2 + Z_L^2} = 120 \Leftrightarrow \sqrt{R^2 + 3R^2} = 120$

$\Rightarrow R = 60\Omega$ và $Z_L = 60\sqrt{3}\ \Omega$.

b) Công suất tiêu thụ: $P = UI\cos\varphi = \dfrac{60}{\sqrt{2}} \cdot \dfrac{0,5}{\sqrt{2}} \cdot \cos\dfrac{\pi}{3} = 7,5\ \text{W}$.

10. Dây tải điện có chiều dài tổng cộng là $l = 6\text{km} = 6000\text{m}$.

điện trở của dây dẫn: $R = \rho\dfrac{l}{S} = 2{,}5.10^{-8}.\dfrac{6\cdot10^{3}}{0{,}5\cdot10^{-4}} = 3\Omega$.

Cường độ dòng điện trên dây : $I = \dfrac{\wp}{U\cos\varphi} = 100$ A.

Công suất hao phí trên dây : $\Delta\wp = RI^2 = 3.100^2 = 3.10^4$ W.

Hiệu suất truyền tải điện: $H = \dfrac{\wp - \Delta\wp}{P} = \dfrac{54.10^4 - 3.10^4}{54.10^4} \approx 94{,}4\%$.

CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM ÔN TẬP CUỐI CHƯƠNG

1. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Khi một khung dây quay quanh một trục trong từ trường đều thì trong khung dây xuất hiện suất điện động xoay chiều dạng sin.

B. Hiệu điện thế xoay chiều là hiệu điện thế biến đổi điều hoà theo thời gian.

C. Dòng điện có cường độ biến đổi điều hoà theo thời gian gọi là dòng điện xoay chiều.

D. Trên cùng một đoạn mạch, dòng điện và hiệu điện thế xoay chiều luôn biến thiên với cùng một chu kì chung.

2. Đặt một hiệu điện thế xoay chiều vào hai đầu điện trở R_1 thì dòng điện qua R_1 có biểu thức $i_1 = I_{01}\cos\omega t$. Nếu đặt hiệu điện thế nói trên vào hai đầu điện trở R_2 thì biểu thức dòng điện qua R_2 là:

A. $i_2 = \dfrac{R_2}{R_1}I_{01}\cos\omega t$.   B. $i_2 = \dfrac{R_1}{R_2}I_{01}\sin\omega t$.

C. $i_2 = \dfrac{R_2}{R_1}I_{01}\sin(\omega t + \dfrac{\pi}{2})$.   D. $i_2 = \dfrac{R_1}{R_2}I_{01}\sin(\omega t + \dfrac{\pi}{2})$.

3. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Đối với đoạn mạch chỉ có tụ điện, cường độ dòng điện và hiệu điện thế luôn biến thiên điều hoà và lệch pha nhau một góc $\dfrac{\pi}{2}$.

B. Tụ điện có điện dung càng lớn thì cản trở dòng điện càng ít.

C. Đối với đoạn mạch chỉ có tụ điện, cường độ dòng điện và hiệu điện thế luôn biến thiên điều hoà cùng tần số.

D. Trong mạch điện xoay chiều, các điện tích có thể đi qua tụ điện từ bản tụ này sang bản tụ kia.

4. Trong mạch điện xoay chiều chỉ có tụ điện có điện dung C, nếu dòng điện qua tụ có biểu thức $i = I_0\cos(\omega t + \varphi)$ thì hiệu điện thế giữa hai bản tụ có biểu thức là:

A. $u = \dfrac{I_0}{\omega C}\sin(\omega t + \varphi)$.   B. $u = I_0\omega C\sin(\omega t + \varphi)$.

C. $u = \dfrac{I_0}{\omega C}\cos(\omega t + \varphi + \dfrac{\pi}{2})$.   D. $u = I_0\omega C\cos(\omega t + \varphi - \dfrac{\pi}{2})$.

5. Trong mạch điện xoay chiều chỉ có cuộn **thuần cảm L, nếu dòng điện** qua cuộn cảm có biểu thức $i = I_0\cos(\omega t + \varphi)$ thì hiệu **điện thế** giữa hai đầu cuộn cảm có biểu thức là:

A. $u = \frac{I_0}{\omega L}\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$.　　B. $u = \omega L I_0\cos(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2})$.

C. $u = \omega L I_0\cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$.　　D. $u = \frac{I_0}{\omega L}\cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$.

6. **Đặt** một hiệu điện thế xoay chiều vào hai **đầu cuộn thuần cảm** L_1 **thì dòng điện** có **biểu** thức $i_1 = I_0\cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$. Nếu đặt **hiệu điện thế** nói trên vào hai đầu **cuộn thuần cảm** L_2 thì dòng điện qua L_2 **có biểu thức là:**

A. $i_2 = \frac{L_1}{L_2}I_0\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$.　　B. $i_2 = \frac{L_2}{L_1}I_0\sin\omega t$.

C. $i_2 = \frac{L_1}{L_2}I_0\sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$.　　D. $i_2 = \frac{L_1}{L_2}I_0\cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$.

7. **Đặt** vào hai bản của tụ điện C một **hiệu điện thế xoay chiều thì dòng điện** qua tụ điện có biểu thức $i_C = I_0\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$. **Nếu đặt hiệu điện thế trên** vào hai **đầu** **cuộn thuần cảm** L thì biểu thức dòng điện **qua L là:**

A. $i_L = \frac{L}{C}I_0\cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$.　　B. $i_L = \frac{L}{C}I_0\cos\omega t$.

C. $i_L = \frac{C}{L}I_0\sin\omega t$.　　D. $i_L = \frac{C}{L}I_0\cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$.

8. **Đặt** một hiệu điện thế xoay chiều có biên độ U_0 **và tần số góc** ω vào hai **đầu** đoạn mạch gồm điện trở thuần R và tụ điện **C mắc nối tiếp. Thông** tin nào sau đây là **sai**?

A. Cường độ dòng điện trong mạch nhanh pha hơn hiệu điện thế hai đầu đoạn mạch.

B. **Độ** lệch pha giữa cường độ dòng điện và **hiệu điện** thế xác định bởi biểu thức $\tan\varphi = -\frac{1}{\omega RC}$.

C. Biên độ dòng điện là $I_0 = \frac{\omega^2C^2U_0}{\sqrt{\omega^2C^2R^2+1}}$.

D. Nếu $R = \frac{1}{\omega C}$ thì cường độ dòng điện **hiệu dụng** là $I = \frac{U_0}{2R}$.

9. **Đặt** một **hiệu điện** thế xoay chiều có biên **độ** U_0 **và tần số góc** ω **vào hai đầu** đoạn mạch gồm điện trở thuần R và cuộn **dây thuần cảm** L mắc nối tiếp. Thông tin nào sau đây là **đúng**?

A. Biên độ dòng điện là $I_0 = \frac{\sqrt{2}U_0}{2\sqrt{R^2+\omega^2L^2}}$.

B. Độ lệch pha giữa u và i xác định bởi biểu thức $\tan\varphi = \frac{\omega L}{R}$.

C. Cường độ dòng điện trong mạch chậm pha hơn hiệu điện thế hai đầu đoạn mạch.

D. Nếu $R = \omega L$ thì cường độ dòng điện hiệu dụng là $I = \frac{U_0}{2\omega L}$.

10. Trong một đoạn mạch xoay chiều AB gồm RLC mắc nối tiếp, khi có hiện tượng cộng hưởng thì hiệu điện thế giữa hai đầu tụ điện là $u_C = U_{0C}\cos\omega t$. Biểu thức nào sau đây là **sai**?

A. $i = \omega C U_{0C}\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$.   B. $u_R = \frac{RU_{0C}}{\omega L}\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$.

C. $u_L = \omega^2 LCU_{0C}\cos(\omega t + \pi)$.   D. $u_{AB} = \omega CRU_{0C}\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$.

11. Trong đoạn mạch xoay chiều RLC mắc nối tiếp, nếu cuộn cảm còn có thêm điện trở hoạt động R_0 và trong mạch có hiện tượng cộng hưởng thì:

A. tổng trở của đoạn mạch đạt giá trị cực tiểu và bằng $R + R_0$.

B. hiệu điện thế tức thời giữa hai bản tụ điện và hai đầu cuộn dây có biên độ bằng nhau và ngược pha nhau.

C. dòng điện tức thời trong mạch cùng pha với hiệu điện thế hai đầu cuộn dây.

D. cường độ dòng điện tức thời trong mạch đạt giá trị cực đại.

12. Trong đoạn mạch xoay chiều RLC mắc nối tiếp, công suất của mạch đạt giá trị cực đại khi:

A. trong mạch có cộng hưởng điện.

B. cảm kháng của cuộn cảm có giá trị bằng điện trở thuần.

C. dung kháng của tụ điện có giá trị bằng điện trở thuần.

D. pha của dòng điện trong mạch bằng không.

13. Cho dòng điện xoay chiều qua đoạn mạch RLC mắc nối tiếp, nếu hiệu điện thế hai đầu cuộn cảm có biểu thức $u_L = U_{0L}\cos\omega t$ thì công suất tiêu thụ của đoạn mạch là:

A. $P = \frac{U_{0L}}{\sqrt{2}\omega L}R^2$.   B. $P = \frac{U_{0L}}{\sqrt{2}\omega^2 L^2}R$.   C. $P = \frac{U_{0L}^2}{2\omega^2 L^2}R$.   D. $P = \frac{U_{0L}^2}{2\omega L}R$.

14. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Máy phát điện xoay chiều hoạt động dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ.

B. Máy phát điện là thiết bị biến đổi cơ năng thành điện năng.

C. Mỗi máy phát điện đều có hai bộ phận chính là phần cảm và phần ứng.

D. Một trong các cách tạo ra suất điện động cảm ứng trong máy phát điện là tạo ra từ trường mạnh xuyên qua các vòng dây đặt cố định.

15. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Nếu máy phát điện có p cặp cực, rôto quay với tốc độ n vòng/giây thì tần số của suất điện động do máy tạo ra là f = np.

B. Máy phát điện xoay chiều một pha có thể hoạt động theo nguyên tắc là phần ứng quay, phần cảm cố định.

C. Suất điện động xuất hiện trong máy phát điện chỉ có thể biến thiên điều hoà nếu phần cảm cố định, phần ứng quay đều

D. Trong máy phát điện, một cách tạo ra suất điện động xoay chiều là từ trường và các vòng dây đều quay.

16. Trong động cơ không đồng bộ ba pha, từ trường quay được tạo thành bằng cách:

A. cho ba dòng điện một pha vào ba cuộn dây giống nhau được bố trí lệch nhau $\frac{1}{3}$ vòng tròn.

B. cho dòng điện ba pha vào ba cuộn dây giống nhau được bố trí lệch nhau $\frac{1}{3}$ vòng tròn.

C. dùng động cơ để quay một nam châm bên trong động cơ.

D. cho ba dòng điện một pha vào một cuộn dây.

17. Trong động cơ không đồng bộ ba pha, tại một thời điểm nào đó, cảm ứng từ do cuộn dây thứ nhất gây ra tại tâm O có giá trị cực đại là B_1 thì cảm ứng từ do hai cuộn dây kia gây ra tại tâm O là:

A. $B_2 = B_3 = 2B_1$.

B. $B_2 = B_3 = \frac{1}{2}B_1$.

C. $B_2 = B_3 = 3B_1$.

D. $B_2 = B_3 = \frac{1}{3}B_1$.

18. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Máy biến thế là thiết bị dùng để tăng hoặc giảm hiệu điện thế xoay chiều mà không làm thay đổi tần số của nó.

B. Mạch chỉnh lưu hai nửa chu kì tạo ra dòng điện đỡ "nhấp nháy" hơn so với mạch chỉnh lưu nửa chu kì.

C. Máy biến thế hoạt động dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ và sử dụng từ trường quay.

D. Chỉnh lưu dòng điện xoay chiều là biến dòng điện xoay chiều thành dòng điện một chiều.

19. Gọi U_1, I_1; U_2, I_2 lần lượt là hiệu điện thế và cường độ dòng điện hiệu dụng ở mạch sơ cấp và thứ cấp của một máy biến thế. Hiệu suất của máy biến thế tính bằng biểu thức:

A. $H = \frac{U_2n_2}{U_1n_1}.100\%$.

B. $H = \frac{n_2}{n_1}.100\%$.

C. $H = \frac{n_2U_2I_2}{n_1U_1I_1}.100\%$.

D. $H = \frac{U_2I_2}{U_1I_1}.100\%$.

20. Khi truyền tải điện năng đi xa, nếu hiệu điện thế được nâng lên n lần trước khi truyền đi thì hao phí do toả nhiệt trên đường dây sẽ:

A. giảm n lần. B. giảm 2n lần. C. giảm n^2 lần. D. tăng $2n^2$ lần.

HƯỚNG DẪN TRẢ LỜI

1. Câu sai: Khi một khung dây quay quanh một trục trong từ trường đều thì trong khung dây xuất hiện suất điện động xoay chiều dạng sin. **Chọn A**

2. Biểu thức dòng điện qua R_2 là D. $i_2 = \frac{R_1}{R_2}I_{01}\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$. **Chọn D**

3. Câu sai: Trong mạch điện xoay chiều, các điện tích có thể đi qua tụ điện từ bản tụ này sang bản tụ kia. **Chọn D**

4. Biểu thức hiệu điện thế giữa hai bản tụ: $u = \frac{I_0}{\omega C}\sin(\omega t + \varphi)$. **Chọn A**

5. Biểu thức hiệu điện thế: $u = \omega L I_0 \cos(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2})$. **Chọn B**

6. Biểu thức dòng điện: $i_2 = \frac{L_1}{L_2} I_0 \cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$. **Chọn D**

7. Biểu thức dòng điện qua L là: $i_L = \frac{L}{C} I_0 \cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$. **Chọn A**

8. Thông tin sai: Biên độ dòng điện là $I_0 = \frac{\omega^2 C^2 U_0}{\sqrt{\omega^2 C^2 R^2 + 1}}$. **Chọn C**

9. Thông tin đúng: Nếu $R = \omega L$ thì cường độ dòng điện hiệu dụng là $I = \frac{U_0}{2\omega L}$.
Chọn D

10. Biểu thức sai: $u_R = \frac{RU_{0C}}{\omega L}\sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$. **Chọn B**

11. Nếu cuộn cảm còn có thêm điện trở hoạt động R_0 và trong mạch có hiện tượng cộng hưởng thì tổng trở của đoạn mạch đạt giá trị cực tiểu và bằng $R + R_0$. **Chọn A**

12. Trong đoạn mạch xoay chiều RLC mắc nối tiếp, công suất của mạch đạt giá trị cực đại khi trong mạch có cộng hưởng điện. **Chọn A**

13. Công suất tiêu thụ của đoạn mạch: $P = \frac{U_{0L}^2}{2\omega^2 L^2} R$. **Chọn C**

14. Câu sai: Một trong các cách tạo ra suất điện động cảm ứng trong máy phát điện là tạo ra từ trường mạnh xuyên qua các vòng dây đặt cố định.
Chọn D

15. Câu sai: Trong máy phát điện, một cách tạo ra suất điện động xoay chiều là từ trường và các vòng dây đều quay. **Chọn D**

16. Trong động cơ không đồng bộ ba pha, từ trường quay được tạo thành bằng cách cho dòng điện ba pha vào ba cuộn dây giống nhau được bố trí lệch nhau $\frac{1}{3}$ vòng tròn. **Chọn B**

17. Cảm ứng từ do hai cuộn dây kia gây ra tại O là $B_2 = B_3 = \frac{1}{2} B_1$. **Chọn B**

18. Câu sai: Máy biến thế hoạt động dựa trên hiện tượng cảm ứng điện từ và sử dụng từ trường quay. **Chọn C**

19. Hiệu suất của máy biến thế: $H = \frac{U_2 I_2}{U_1 I_1}.100\%$. **Chọn D**

20. Khi truyền tải điện năng đi xa, nếu hiệu điện thế được nâng lên n lần trước khi truyền đi thì hao phí do toả nhiệt trên đường dây sẽ giảm n^2 lần. **Chọn C**

Chương VI. SÓNG ÁNH SÁNG

Bài 35 TÁN SẮC ÁNH SÁNG

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Sự tán sắc ánh sáng

Khi đi qua lăng kính, chùm ánh sáng trắng không những bị lệch về phía đáy lăng kính (do khúc xạ), mà còn bị tách ra thành nhiều chùm ánh sáng có màu săc khác nhau, theo thứ tự : đỏ, da cam, vàng, xanh (lục), lam, chàm, tím. Chùm ánh sáng màu đỏ bị lệch ít nhất, chùm màu tím bị lệch nhiều nhất. Hiện tượng này gọi là sự tán sắc ánh sáng. Dải màu thu được gọi là quang phổ của ánh sáng trắng.

2. Ánh sáng trắng và ánh sáng đơn sắc

– Ánh sáng đơn sắc là ánh sáng không bị tán sắc khi đi qua lăng kính.

– Ánh sáng trắng là hỗn hợp của nhiều ánh sáng đơn sắc, có màu biến thiên liên tục, từ màu đỏ đến tím. Ta gọi nó là ánh sáng đa sắc.

3. Giải thích sự tán sắc ánh sáng

Hiện tượng tán sắc ánh sáng có thể giải thích như sau:

– Ánh sáng trắng (ánh sáng mặt trời, ánh sáng ngọn nến...) là hỗn hợp của nhiều ánh sáng đơn sắc, có màu biến thiên liên tục, từ màu đỏ đến màu tím.

– Chiết suất của thuỷ tinh (và của môi trường trong suốt khác) có giá trị khác nhau đối với ánh sáng đơn sắc có màu khác nhau; chiết suất đối với ánh sáng tím có giá trị lớn nhất. Vì vậy, các chùm sáng đơn sắc có màu khác nhau trong chùm ánh sáng rắng, sau khi khúc xạ qua lăng kính, bị lệch các góc khác nhau, trở thành tách rời nhau. Kết quả là, chùm sáng ló ra khỏi lăng kính bị xoè rộng ra thành nhiều chùm đơn sắc, tạo thành quang phổ của ánh sáng trắng mà ta thấy trên màn.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Nêu vắn tắt thí nghiệm về sự tán sắc ánh sáng và giải thích sự tán sắc ánh sáng.

2. Trong thí nghiệm của Niu-tơn về sự tán sắc ánh sáng, nếu khe F khá rộng, và màn M đặt gần lăng kính, thì có quan sát được quang phổ không? Tại sao? Ý nghĩa quan trọng nhất của thí nghiệm với ánh sáng đơn sắc của Niu-tơn là gì ?

3. Một lăng kính thủy tinh có góc chiết quang $A = 5^0$, có chiết suất đối với ánh sáng đỏ và ánh sáng tím lần lượt là $n_d = 1{,}643$ và $n_t = 1{,}685$. Cho một chùm sáng trắng hẹp rọi vào một mặt bên của lăng kính, dưới góc tới i nhỏ. Tính độ rộng góc của quang phổ cho bởi lăng kính.

3. Chiếu một chùm tia sáng trắng, song song, hẹp (coi như một tia sáng) vào mặt bên của một lăng kính thủy tinh, có góc chiết quang là $A = 60^0$ dưới góc tới $i = 60^0$. Tính góc tạo bởi tia ló màu đỏ và tia ló màu tím. Biết chiết suất của lăng kính với tia đỏ là $n_d = 1{,}50$ và đối với tia tím là $n_t = 1{,}54$.

4. Một cái bể sâu 1,2m chứa đầy nước. Một tia sáng mặt trời rọi vào mặt nước bể, dưới góc tới i, có tani = $\frac{4}{3}$. Tính độ dài của quang phổ do tia sáng tạo ở đáy bể.

   Cho biết: chiết suất của nước đối với ánh sáng đỏ và ánh sáng tím lần lượt là $n_d = 1,328$ và $n_t = 1,343$.

5. Một thấu kính hội tụ có hai mặt cầu, bán kính cùng bằng 10cm. Chiết suất của thấu kính đối với tia tím là 1,69 và đối với tia đỏ là 1,60. Tính khoảng cách giữa tiêu điểm của các tia màu tím và của các tia màu đỏ.

6. Cho nguồn S phát ra hai bức xạ $\lambda_1 = 0,4\mu m$ và $\lambda_2 = 0,6\mu m$, tới trục chính của một thấu kính. Biết chiết suất của thuỷ tinh làm thấu kính thay đổi theo bước sóng ánh sáng theo quy luật:

$$n = 1,55 + \frac{0,0096}{\lambda^2} \quad (\lambda \text{ tính ra } \mu m)$$

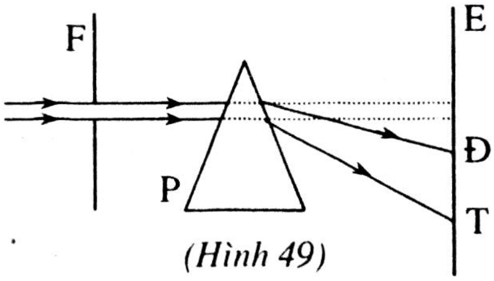
   a) Mô tả hiện tượng tán sắc của chùm tia ló.

   b) Với bức xạ λ_1 thì thấu kính có tiêu cự $f_1 = 0,5m$. Tìm tiêu cự của thấu kính ứng với λ_2.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. – Thí nghiệm bố trí như hình 49. Trong đó F là một khe hẹp nằm ngang, P là lăng kính thủy tinh, E là màn ảnh đặt song song với khe F.

   – Thực hiện thí nghiệm: Chiếu một chùm ánh sáng trắng (như ánh sáng Mặt Trời chẳng hạn) vào khe hẹp F để chùm sáng rọi qua lăng kính đến màn E. Nhìn màn E để quan sát hiện tượng.



(Hình 49)

   – Kết quả: Khi đi qua lăng kính, chùm ánh sáng trắng không những bị lệch về phía đáy lăng kính (do khúc xạ), mà còn bị tách ra thành nhiều chùm ánh sáng có màu sắc khác nhau, theo thứ tự : đỏ, da cam, vàng, xanh (lục), lam, chàm, tím. Chùm ánh sáng màu đỏ bị lệch ít nhất, chùm màu tím bị lệch nhiều nhất.

   – Giải thích: ánh sáng trắng (ánh sáng mặt trời, ánh sáng ngọn nến...) là hỗn hợp của nhiều ánh sáng đơn sắc, có màu biến thiên liên tục, từ màu đỏ đến màu tím. Vì chiết suất của thuỷ tinh (và của môi trường trong suất khác) có giá trị khác nhau đối với ánh sáng đơn sắc có màu khác nhau (chiết suất đối với ánh sáng tím có giá trị lớn nhất), nên các chùm sáng đơn sắc có màu khác nhau trong chùm ánh sáng trắng, sau khi khúc xạ qua lăng kính, bị lệch các góc khác nhau, trở thành tách rời nhau. Kết quả là, chùm sáng ló ra khỏi lăng kính bị xoè rộng ra thành nhiều chùm đơn sắc, tạo thành quang phổ mà ta thấy trên màn.

2. Trong thí nghiệm của Niu-tơn về sự tán sắc ánh sáng, nếu khe F khá rộng thì chùm ánh sáng trắng chiếu vào lăng kính không còn là chùm sáng song song hẹp nữa, các tia sáng đến lăng kính P không có cùng góc tới nên khi đi qua lăng kính, góc lệch của các chùm sáng đơn sắc sẽ rất khác nhau mà không theo

thứ tự màu đỏ lệch ít, màu tím lệch nhiều nữa. Mặt khác màn M lại đặt rất gần lăng kính nên các chùm sáng có màu riêng biệt hầu như không tách ra khỏi nhau nên vệt sáng thu được trên màn vẫn là vệt sáng trắng, ta không thể quan sát được quang phổ.

Ý nghĩa quan trọng nhất của thí nghiệm với ánh sáng đơn sắc của Niu-tơn là sự khẳng định lăng kính không làm thay đổi màu sắc khi qua nó.

3. Độ lệch của tia đỏ (so với chùm tia tới): $D_1 = (n_1 - 1)A$.

Độ lệch của tia tím (so với chùm tia tới): $D_2 = (n_2 - 1)A$.

Độ rộng góc của quang phổ:

$$\Delta D = D_2 - D_1 = (n_2 - n_1)A = (1,685 - 1,643).5^0 = 0,21^0.$$

3. Góc lệch của tia tím: $\sin r_{t_1} = \dfrac{\sin i_1}{n_t} = \dfrac{\sqrt{3}}{4.1,54} = 0,5623 \Rightarrow r_{t_1} = 34^0 12'$

$$r_{t_2} = A - r_{t_1} = 60^0 - 30^0 12' = 25^0 48'$$

$$\sin i_{t_2} = n_t \sin r_{t_2} = 1,54.0,4339 = 0,6702 \Rightarrow i_{t_2} = 42^0 5'$$

$$D_t = i_{t_1} + i_{t_2} - A = 60^0 + 42^0 5' - 60^0 = 42^0 5'$$

Góc lệch của tia đỏ : $\sin r_{d_1} = \dfrac{\sin i_1}{n_d} = \dfrac{\sqrt{3}}{2.1,5} = 0,5773 \Rightarrow r_{d_1} = 35^0 15'$

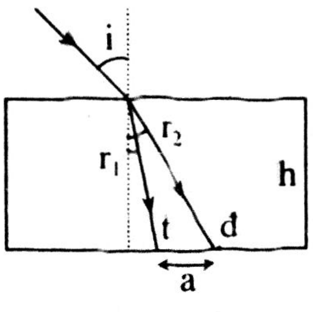
$$r_{d_2} = A - r_{d_2} = 60^0 - 35^0 15' = 24^0 45'$$

$$\sin i_{d_2} = n_t \sin r_{d_2} = 1,50.0,4186 = 0,6279 \Rightarrow i_{d_2} = 38^0 53'$$

$$D_d = i_1 + i_{d_2} - A = 60^0 + 38^0 53' - 60^0 = 38^0 53'$$

Góc lệch giữa tia tím và đỏ: $\Delta D = D_t - D_d = 42^0 05' - 38^0 53' = 3^0 12'$.

4. Ta có $\tan i = \dfrac{4}{3} \Rightarrow \sin^2 i = \dfrac{\tan^2 i}{1 + \tan^2 i} \Rightarrow \sin i = 0,8$.



(Hình 50)

$\sin r_2 = \dfrac{\sin i}{n_d} = 0,6024$; $\cos r_2 = \sqrt{1 - \sin^2 r_1} = 0,7982$;

$\Rightarrow \tan r_2 = 0,7547$.

$\sin r_1 = \dfrac{\sin i}{n_t} = 0,5935$; $\cos r_1 = \sqrt{1 - \sin^2 r_1} = 0,8048$.

$\Rightarrow \tan r_1 = 0,7375$.

Độ dài quang phổ dưới đáy bể: $a = h(\tan r_2 - \tan r_1) = 2,06$cm. (hình 50)

5. Ta có: $D_t = \dfrac{1}{f_t} = (n_t - 1)(\dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2}) \Rightarrow f_t = 7,25$cm.

$$D_d = \frac{1}{f_d} = \left(n_d - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \Rightarrow f = 8,33\text{cm}.$$

Khoảng cách giữa tiêu điểm của tia tím và của tia đỏ:

$$f_d - f_t = 8,33 - 7,25 = 1,08\text{cm}.$$

6. a) Tiêu cự của thấu kính: $\frac{1}{f} = (n-1)(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2})$.

Vì chiết suất phụ thuộc vào bước sóng, do đó ứng với λ_1 thì thấu kính có chiết suất n_1, và với λ_2 thì thấu kính có chiết suất n_2. Vậy chùm tia tới song song với trục chính, khi qua thấu kính sẽ bị khúc xạ khác nhau (góc khúc xạ khác nhau) và ta có hai chùm tia ló khác nhau, hai chùm này sẽ hội tụ tại hai điểm khác nhau trên trục chính, nghĩa là sẽ có hai tiêu điểm chính: λ càng lớn thì n càng nhỏ và f càng lớn, nghĩa là tiêu điểm ứng với bức xạ có bước sóng lớn hơn sẽ nằm xa thấu kính hơn.

b) Với λ_1 thì: $\frac{1}{f_1} = (n_1 - 1)(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2})$.

Với λ_2 thì: $\frac{1}{f_2} = (n_2 - 1)(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2})$.

Lập tỉ số: $\frac{f_2}{f_1} = \frac{n_1 - 1}{n_2 - 1}$. Vận dụng công thức $n = 1,55 + \frac{0,0096}{\lambda^2}$ tính n_1 và n_2,

cuối cùng ta được: $\frac{f_2}{f_1} = 1,06 \Rightarrow f_2 = 1,06f_1 = 0,53\text{m}$.

Bài 36 NHIỄU XẠ ÁNH SÁNG. GIAO THOA ÁNH SÁNG

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Nhiễu xạ ánh sáng

– Nhiễu xạ ánh sáng là hiện tượng ánh sáng không tuân theo định luật truyền thẳng, quan sát được khi ánh sáng truyền qua lỗ nhỏ, hoặc gần mép những vật trong suốt hoặc không trong suốt.

– Để giải thích hiện tượng nhiễu xạ, người ta thừa nhận rằng ánh sáng có tính chất sóng. Khe nhỏ (hoặc lỗ nhỏ) được chiếu sáng có vai trò như một nguồn phát sóng ánh sáng.

Mỗi chùm ánh sáng đơn sắc là một chùm sáng có bước sóng và tần số xác định.

– Trong chân không, bước sóng của ánh sáng đơn sắc được tính theo công thức $\lambda = \frac{c}{f}$, với c là tốc độ ánh sáng trong chân không, f là tần số ánh sáng.

– Trong môi trường có chiết suất n, bước sóng của ánh sáng đơn sắc là $\lambda' = \frac{v}{f} = \frac{c}{nf} = \frac{\lambda}{n}$.

2. Giao thoa ánh sáng

– Khi hai sóng ánh sáng kết hợp chồng chập lên nhau thì gây ra hiện tượng giao thoa ánh sáng, hình ảnh quan sát được là những vạch sáng, vạch tối xen kẽ nhau một cách đều đặn, chúng được gọi là các vân giao thoa.

– Hiện tượng giao thoa ánh sáng là một bằng chứng thực nghiệm khẳng định ánh sáng có tính chất sóng.

– Điều kiện xảy ra hiện tượng giao thoa ánh sáng là hai chùm sáng giao nhau phải là hai chùm sáng kết hợp.

3. Hiện tượng giao thoa ánh sáng trên bản mỏng

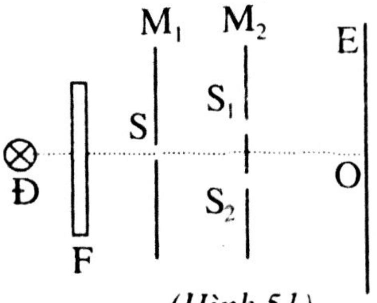
Khi nhìn ánh sáng phản xạ trên các váng dầu, mỡ, hoặc bong bóng xà phòng... ta thấy có những vân màu sặc sỡ, tựa như vẽ trên mặt lớp váng. Đó là hiện tượng giao thoa ánh sáng trên bản mỏng khi chiếu ánh sáng trắng (ánh sáng mặt trời) vào bản mỏng. Nó xảy ra khi bản mỏng có độ dày cỡ micrômet.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Trình bày vắn tắt thí nghiệm về sự giao thoa ánh sáng. Giải thích kết quả thí nghiệm về sự giao thoa ánh sáng và rút ra kết luận về bản chất ánh sáng.
2. Kết luận quan trọng nhất rút ra từ thí nghiệm I-âng là gì ? Để khẳng định rằng, các vân sáng, tối xuất hiện trong thí nghiệm I-âng đúng là do sự giao thoa của sóng ánh sáng, ta cần làm gì ?
3. Tác dụng của hai bức xạ đơn sắc bước sóng khác nhau, đối với mắt, có gì khác nhau ? Cho một ví dụ.
4. Khi ánh sáng truyền từ một môi trường sang một môi trường khác, thì trong ba đại lượng đặc trưng của sóng là tần số, chu kì và bước sóng, đại lượng nào bị thay đổi, đại lượng nào không ?
5. Giới hạn của phổ nhìn thấy là gì ?
6. Bậc giao thoa của một vân giao thoa là gì ?
7. Thế nào là hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng ? Nêu ví dụ.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. – Bố trí thí nghiệm như hình 51. Trong đó Đ là nguồn phát ánh sáng trắng (như đèn sợi đốt chẳng hạn), F là kính lọc màu dùng để tách chùm ánh sáng đơn sắc chiếu vào khe hẹp S (được rạch trên màn M_1); S_1, S_2 là hai khe hẹp (được rạch trên màn M_2) nằm rất gần nhau và cùng song song với khe S. M là màn quan sát.



(Hình 51)

– Thực hiện thí nghiệm: Bật đèn Đ sáng và nhìn màn E để quan sát hiện tượng xảy ra.

– Kết quả: Trên màn xuất hiện những vạch sáng (có màu của ánh sáng đã lọc bằng kính lọc F) và những vạch tối xen kẽ nhau một cách đều đặn.

Giải thích:

– Ánh sáng từ đèn Đ chiếu sáng khe S làm cho khe S trở thành nguồn phát sóng ánh sáng, truyền đến hai khe S_1, S_2. Hai khe S_1, S_2, được chiếu sáng, lại trở thành hai nguồn sáng, phát ra hai sóng ánh sáng truyền tiếp về phía sau, có một phần chồng lên nhau.

- Vì hai khe S_1, S_2 được chiếu sáng bởi cùng một nguồn sáng S, nên hai nguồn S_1, S_2 là hai nguồn kết hợp có cùng tần số, hai sóng do chúng phát ra là hai sóng kết hợp có bước sóng xác định.

Tại vùng không gian hai sóng đó chồng lên nhau thì chúng giao thoa với nhau và tạo nên hình ảnh như đã quan sát thấy.

* Hiện tượng giao thoa là một bằng chứng thực nghiệm quan trọng khẳng định ánh sáng có tính chất sóng.

2. – Kết luận quan trọng nhất rút ra từ thí nghiệm I-âng là ánh sáng có bản chất sóng.

– Để khẳng định rằng, các vân sáng, tối xuất hiện trong thí nghiệm I-âng đúng là do sự giao thoa của sóng ánh sáng, ta có thể che bớt một trong hai khe hoặc cho hai khe phát ra hai ánh sáng đơn sắc khác nhau. Khi đó ta không còn quan sát được các vân nữa vì hiện tượng giao thoa ánh sáng không diễn ra.

3. Tác dụng của hai bức xạ đơn sắc bước sóng khác nhau, đối với mắt, có sự khác nhau ở chỗ cảm giác về màu sắc khác nhau.

Ví dụ chiếu một chùm ánh sáng có bước sóng ứng với màu đỏ và ứng với màu lam vào một trang giấy trắng thì chỗ có ánh sáng đỏ chiếu vào mắt sẽ nhìn thấy màu đỏ, còn chỗ có ánh sáng lam chiếu vào mắt sẽ nhìn thấy màu lam.

4. Các môi trường trong suốt khác nhau thì có chiết suất (đối với cùng một ánh sáng đơn sắc) khác nhau, tức là tốc độ truyền ánh sáng trong các môi trường có khác nhau. Khi ánh sáng truyền từ một môi trường sang một môi trường khác thì chu kì và tần số của ánh sáng không phụ thuộc vào môi trường nên không thay đổi. Bước sóng $\lambda = \frac{v}{f}$ sẽ thay đổi.

5. Giới hạn của phổ nhìn thấy là giá trị bước sóng nhỏ nhất và lớn nhất của các ánh sáng đơn sắc, mà các ánh sáng có bước sóng nằm trong phạm vi đó ta đều trông thấy được. Hai giá trị giới hạn của phổ phổ nhìn thấy là 380 nm và 760 nm.

6. Bậc giao thoa của một vân giao thoa là một quy ước (đánh số k) đối với vân đó, nó cho phép xác định vị trí của vân đó đối với vân trung tâm. Ví dụ: Vân sáng bậc 3 ứng với k = +3 và k = –3, vị trí các vân này là $x_3 = \pm 3\frac{\lambda D}{a} = \pm 3i$. Có thể hiểu bậc giao thoa chính là số k trong biểu thức $\delta = d_2 - d_1 = k\lambda$.

7. – Nhiễu xạ ánh sáng là hiện tượng ánh sáng không tuân theo định luật truyền thẳng, quan sát được khi ánh sáng truyền qua lỗ nhỏ, hoặc gần mép những vật trong suốt hoặc không trong suốt.

– *Ví dụ:* Nhìn mặt sau một tấm bìa có dùi một lỗ nhỏ và được chiếu ánh sáng vào mặt trước, ta thấy tại vị trí của lỗ như có một đốm sáng lớn hơn lỗ, toả sáng về phía sau, tựa như lỗ đóng vai trò một nguồn sáng. Đó chính là kết quả của hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng.

Bài 37-38

KHOẢNG VÂN. BƯỚC SÓNG VÀ MÀU SẮC ÁNH SÁNG
BÀI TẬP VỀ GIAO THOA ÁNH SÁNG

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Vị trí các vân giao thoa và khoảng vân

Trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng với khe Iâng, đặt $S_1S_2 = a$, khoảng cách từ hai nguồn S_1S_2 đến màn quan sát là D với D >> a thì ta có các công thức sau:

– Vị trí các vân sáng: $x_s = k\dfrac{\lambda D}{a}$ với $k = 0, \pm 1, \pm 2...$

– Vị trí các vân tối: $x_t = \pm(k + \dfrac{1}{2})\dfrac{\lambda D}{a}$ với $k = 0, 1, 2.$

– Khoảng vân: $i = \dfrac{\lambda D}{a}$.

2. Đo bước sóng ánh sáng bằng phương pháp giao thoa

Theo công thức $i = \dfrac{\lambda D}{a}$, nếu đo được chính xác D và đo được chính xác i và a (nhờ kính hiển vi và kính lúp), thì ta tính được bước sóng λ của ánh sáng. Đó là nguyên tắc của phép đo bước sóng ánh sáng bằng phương pháp giao thoa.

3. Bước sóng và màu sắc của ánh sáng

– Mỗi ánh sáng đơn sắc có một bước sóng (tần số) xác định.

– Mọi ánh sáng đơn sắc mà ta nhìn thấy đều có bước sóng trong khoảng từ chừng 0,38μm (ánh sáng tím) đến 0,76μm (ánh sáng đỏ).

– Trong thực tế, mắt ta không phân biệt được các màu của các ánh sáng có bước sóng rất gần nhau, nên người ta cũng đã phân định ra những vùng màu khác nhau.

4. Chiết suất của môi trường và bước sóng ánh sáng

Chiết suất của môi trường trong suốt có giá trị phụ thuộc vào tần số và bước sóng của ánh sáng. Đối với một môi trường trong suốt nhất định, chiết suất ứng với ánh sáng có bước sóng càng dài thì có giá trị càng nhỏ hơn chiết suất ứng với ánh sáng có bước sóng càng ngắn.

– Căn cứ vào các kết quả thực nghiệm, người ta vẽ được đường cong tán sắc, biểu diễn sự phụ thuộc của chiết suất các môi trường trong suốt vào bước sóng ánh sáng. Các đường cong tán sắc có dạng gần đúng với hypebol bậc 2 ứng với biểu thức đại số của chiết suất n phụ thuộc vào bước sóng λ có dạng:

$n = A + \dfrac{B}{\lambda^2}$, với A, B là hằng số phụ thuộc vào bản chất của môi trường.

Biết đường cong tán sắc, thì từ phép đo chiết suất, ta có thể suy ra được bước sóng ánh sáng.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Bốn đại lượng liên quan trong công thức cho ta khoảng vân i có đặc điểm đáng chú ý gì ? Từ nhận xét này, có thể rút ra kết luận có ích gì cho việc giải bài tập ?

2. Trong một thí nghiệm I-âng, biết a = 2mm, D = 1,2m, người ta đo được khoảng vân i = 0,36 mm. Tính bước sóng λ và tần số f của bức xạ.

3. Một khe hẹp F phát ánh sáng đơn sắc, bước sóng λ = 600nm chiếu sáng hai khe F_1, F_2 song song với F và cách nhau 1,2mm. Vân giao thoa được quan sát trên một màn M song song với mặt phẳng chứa F_1, F_2 và cách nó 0,5 m.

a) Tính khoảng cách giữa hai vân sáng liên tiếp.

b) Tại điểm M cách vân chính giữa 0,88 mm là vân sáng, hay tối thứ mấy, kể từ vân chính giữa ?

4. Trong một thí nghiệm I-âng, khoảng cách giữa hai khe S_1, S_2 là a = 1,56 mm, khoảng cách từ S_1, S_2 đến màn quan sát là D = 1,24m. Đo khoảng cách từ một vân sáng đến vân thứ 12 ở bên phải nó thì được 5,21mm. Tính bước sóng của ánh sáng.

5. Trong thí nghiệm I-âng về giao thoa ánh sáng, khi chiếu sáng khe F bằng một đèn natri phát ánh sáng màu vàng, bước sóng λ = 589nm, người ta quan sát được 15 vân sáng, mà khoảng cách giữa hai vân ngoài cùng là 6,3mm. Thay đèn natri bằng một đèn phát ánh sáng bước sóng λ' và quan sát 18 vân sáng liên tiếp thấy hai vân ngoài cùng cũng cách nhau 6,3 mm. Tính bước sóng λ'.

6. Trong thí nghiệm về giao thoa ánh sáng, trên man ảnh người ta đo được khoảng cách từ vân sáng thứ tư đến vân sáng thứ 10 ở cùng một bên của vân sáng trung tâm là 2,4mm. Cho biết khoảng cách giữa hai khe là 1mm, và màn ảnh cách hai khe 1m.

a) Tính bước sóng ánh sáng. Ánh sáng đó có màu gì ?

b) Nếu dùng ánh sáng đỏ có bước sóng 0,70μm thì khoảng cách từ vân sáng thứ 4 đến vân sáng thứ 10 ở cùng một bên vân sáng trung tâm là bao nhiêu?

7. Hai khe I-âng cách nhau 3mm được chiếu sáng bằng ánh sáng đơn sắc có bước sóng 0,60μm. Các vân giao thoa được hứng trên màn cách hai khe 2m. Hãy xác định tính chất của vân giao thoa tại điểm M cách vân sáng trung tâm 1,2mm và tại điểm N cách vân sáng trung tâm 1,8mm.

8. Trong thí nghiệm về giao thoa ánh sáng, các khe S_1 và S_2 được chiếu sáng bởi ánh sáng đơn sắc. Khoảng cách giữa hai khe a = 1mm. Khoảng cách giữa mặt phẳng chứa hai khe và màn quan sát E là D = 3m.

a) Biết bước sóng của chùm sáng đơn sắc là λ = 0,5μm. Hãy tính khoảng vân.

b) Hãy xác định vị trí vân sáng bậc hai trên màn quan sát.

9. Hai lăng kính A_1, A_2 có góc chiết quang A đều bằng 20′, có đáy B chung, được làm bằng thuỷ tinh, chiết suất n = 1,5. Một nguồn sáng điểm S đặt trong mặt phẳng của đáy B cách hai lăng kính một khoảng d = 50cm phát ánh sáng đơn sắc, bước sóng λ = 600nm. Một màn E cách hai lăng kính một khoảng d′ = 70 cm.

a) Chứng minh rằng, trên màn E ta quan sát được một hệ vân giao thoa.

b) Tính khoảng cách i giữa hai vân sáng liên tiếp và số vân có thể quan sát được. Cho $1' \approx 3.10^{-4}$ rad.

10. Một thấu kính có tiêu cự f = 20cm, đường kính vành L = 3cm được cưa làm đôi theo một đường kính. Sau đó hai nửa thấu kính được tách cho xa nhau một khoảng e = 2mm (nhờ chèn vào giữa một sợi dây hoặc thỏi kim loại). Một khe sáng hẹp song song với đường chia hai nửa thấu kính, đặt cách đường ấy một khoảng d = 60cm. Khe sáng F phát ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda = 0,546\mu m$. Vân giao thoa được quan sát trên một màn E, đặt cách hai nửa thấu kính một khoảng D (Hình 38.3 SGK).

a) Muốn quan sát được các vân giao thoa trên màn E, thì D phải có giá trị nhỏ nhất là bao nhiêu?

b) Cho D = 1,8m, tính khoảng cách vân và số vân sáng quan sát được trên màn.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Công thức khoảng vân: $i = \frac{\lambda D}{a}$.

Một trong những đặc điểm đáng chú ý là cả bốn đại lượng đều có chung thứ nguyên (độ dài). Khi sử dụng công thức này làm bài tập, chỉ cần làm cho chúng có chung một loại đơn vị là đủ, không nhất thiết phải dùng đúng đơn vị cơ bản.

2. Từ $i = \frac{\lambda D}{a} \Rightarrow \lambda = \frac{ia}{D} = \frac{0,36.10^{-3}.2.10^{-3}}{1,2} = 0,6.10^{-6}m = 0,6\mu m$.

Tần số $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.10^{8}}{0,6.10^{-6}} = 5.10^{14}Hz$.

3. a) Khoảng vân: $i = \frac{\lambda D}{a} = \frac{600.10^{-9}.0,5}{1,2.10^{-3}} = 0,25.10^{-3}m = 0,25mm$.

b) Nhận xét: $x_M = 0,88mm = 3,52i$ nên M không thể là vân sáng.

Từ: $x_{k'} = (k' + \frac{1}{2})\frac{\lambda D}{a} = (k' + \frac{1}{2})i \Rightarrow k' = \frac{x_M}{i} - \frac{1}{2}$.

Thay số: $k' = \frac{0,88}{0,25} - \frac{1}{2} \approx 3$.

Chú ý rằng, vân tối ứng với k = 0 là vân tối thứ nhất nên tại M là vân tối thứ 4.

4. Từ vân sáng bắt đầu tính vân sáng thứ 12 bên phải nó có 12 khoảng vân. Độ rộng khoảng vân là: $i = \frac{5,21}{12} \approx 0,43mm$.

Từ $i = \frac{\lambda D}{a} \Rightarrow \lambda = \frac{ia}{D} = \frac{0,43.10^{-3}.1,56.10^{-3}}{1,24} = 0,54.10^{-6}m = 0,54\mu m$.

5. – Với ánh sáng màu vàng, giữa 15 vân sáng có 14 khoảng vân.

Ta có: $i_1 = \frac{\lambda_1 D}{a} = \frac{6,3}{14}$ (1)

– Với ánh sáng có bước sóng λ', giữa 18 vân sáng có 17 khoảng vân.

Ta có: $i_2 = \frac{\lambda_2 D}{a} = \frac{6,3}{17}$ (2)

Lập tỉ số ta được: $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{14}{17} \Rightarrow \lambda_2 = \frac{14}{17}\lambda_1 = \frac{14}{17}.589 \approx 485nm$.

6. a) Từ vân sáng thứ 4 đến vân sáng thứ 10 có 6 khoảng vân.

Ta có $6i = 2,4 \Rightarrow$ khoảng vân $i = 0,4mm$.

Từ $i = \frac{\lambda D}{a} \Rightarrow$ bước sóng $\lambda = \frac{ia}{D} = \frac{0,4.10^{-3}.10^{-3}}{1} = 0,4\mu m$.

Đó là ánh sáng nằm trong vùng màu tím.

b) Nếu dùng ánh sáng đỏ có bước sóng $0,70\mu m$ thì khoảng vân là:

$$i' = \frac{\lambda' D}{a} = \frac{0,7.10^{-6}.1}{10^{-3}} = 0,7mm.$$

Từ vân sáng thứ 4 đến vân sáng thứ 10 có 6 khoảng vân nên khoảng cách giữa chúng là: $l = 6i' = 6.0,7 = 4,2mm$.

7. Khoảng vân: $i = \frac{\lambda D}{a} = \frac{0,6.10^{-6}.2}{3.10^{-3}} = 0,4mm$.

Vì $x_M = 12mm = 3i$ nên tại M là vân sáng.

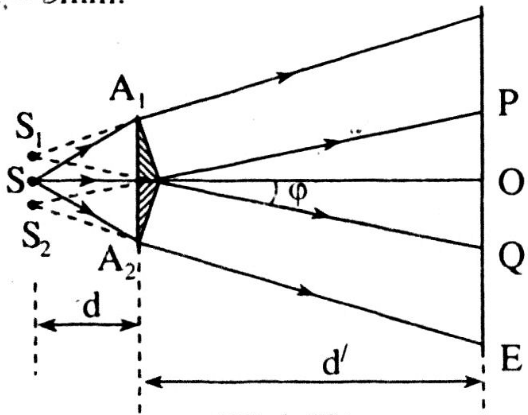
Vì $x_N = 18mm = 4i + \frac{i}{2}$ nên tại N là vân tối.

8. a) Khoảng vân: $i = \frac{\lambda D}{a} = \frac{0,5.10^{-6}.3}{10^{-3}} = 1,5.10^{-3}m = 1,5mm$.

b) Vị trí vân sáng bậc hai : $x_S = k\frac{\lambda D}{a} = 2i = 3mm$.

9. a) Chứng minh:

Những tia sáng xuất phát từ S khi qua hai lăng kính được tách ra thành hai chùm sáng riêng biệt, hai chùm sáng này dường như xuất phát từ S_1 và S_2 (S_1 và S_2 là ảnh của S qua các lăng kính). Nhưng thực chất chúng cùng xuất phát từ nguồn S duy nhất, nên được coi là hai chùm sáng kết hợp (hình 52).



(Hình 52)

Khi qua hai lăng kính, vì chúng đều bị lệch về phía đáy chung nên chúng gặp lại nhau và gây ra hiện tượng giao thoa.

Hình ảnh giao thoa thu được trên màn E gồm những vân sáng, vân tối xen kẽ nhau một cách đều đặn.

b) Khoảng cách giữa hai ảnh S_1S_2: $a = 2d\tan\varphi$

Vì A và φ là nhỏ nên: $\tan\varphi \approx \varphi = (n-1)A \Rightarrow a = 2d(n-1)A$.

Thay số $a = 2.0,5(1,5-1)20.3.10^{-4} = 30.10^{-4}m = 3mm$.

Khoảng vân: $i = \frac{d+d'}{a}\lambda = \frac{1,2}{3.10^{-3}}.6.10^{-7} = 0,24.10^{-3}m = 0,24mm$.

Độ rộng trường giao thoa: $PQ = 2d'\tan\varphi \approx 2d'.\varphi = 2d'(n-1)A$.

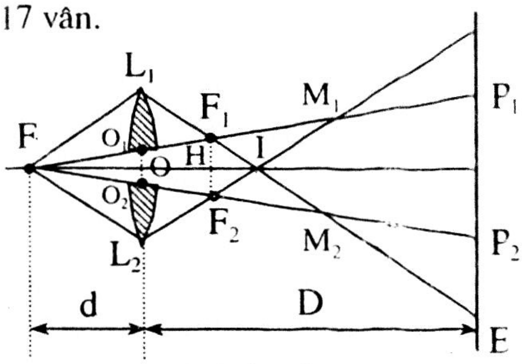
Thay số : $PQ = 2.\ 0,7(1,5-1).20.3.10^{-4} = 4,2.10^{-3}m = 4,2mm$.

Ta có $x_P = 2{,}1mm = 8i + 0{,}75i$.

- Vậy tại P (và tại Q) là các vân tối. Do đó, nếu kể cả vân sáng trung tâm thì số vân sáng nhiều nhất có thể quan sát được là:

$$N = 2.8 + 1 = 17 \text{ vân}.$$

10. a) Đường đi của các tia sáng được biểu diễn trên hình 53, trong đó F_1 là ảnh của F qua bán thấu kính L_1; F_2 là ảnh của F qua bán thấu kính L_2.



(Hình 53)

Có thể thấy: ánh sáng xuất phát từ F được chia làm hai chùm sáng riêng biệt, hai chùm sáng này đi qua hai nửa thấu kính và tạo hai ảnh thật F_1 và F_2 sau đó tiếp tục truyền đi và gặp nhau.

Hai chùm sáng gặp nhau này dường như xuất phát từ F_1 và F_2, nhưng thực ra đều xuất phát từ S nên chúng được xem là hai chùm sáng kết hợp. Với khoảng cách D thích hợp thì khi gặp nhau, chúng giao thoa với nhau và gây ra hiện tượng giao thoa.

Khoảng cách d' từ F_1F_2 đến O: $d' = \dfrac{df}{d-f} = \dfrac{60.20}{60-20} = 30cm$

ΔFO_1O_2 và ΔFF_1F_2 đồng dạng $\Rightarrow \dfrac{F_1F_2}{O_1O_2} = \dfrac{FF_1}{FO_1} \Rightarrow \dfrac{a}{e} = \dfrac{d+d'}{d}$

$$\Rightarrow F_1F_2 = a = e\frac{d+d'}{d} = 2\frac{60+30}{60} = 3mm$$

Để quan sát được các vân giao thoa, thì màn E phải ở xa thấu kính hơn điểm I, tức là: $D > OI$.

ΔIF_1F_2 và ΔIL_1L_2 đồng dạng, chú ý rằng $e << d$, ta có:

$$\frac{F_1F_2}{L_1L_2} = \frac{IH}{IO} \Rightarrow \frac{L_1L_2 - F_1F_2}{L_1L_2} = \frac{IO - IH}{IO}$$

$$\Rightarrow IO = d'\frac{(L+e)}{L+e-a} = 30\frac{3+0{,}2}{3+0{,}2-0{,}3} = \approx 33{,}1cm.$$

Vậy, để có hiện tượng giao thoa thì $D > 33{,}1cm$.

b) Khoảng vân : $i = \dfrac{\lambda(D-d')}{a} = \dfrac{0{,}546.10^{-6}.(1{,}8-0{,}3)}{3.10^{-3}} = 0{,}273mm.$

Từ $\dfrac{P_1P_2}{O_1O_2} = \dfrac{D+d}{d} \Rightarrow P_1P_2 = e\dfrac{D+d}{d} = 8mm.$

Nhận xét: $x_{P_1} = 4mm = 14i + 0{,}65i$ nên tại P_1 (và cả P_2) là những vân tối. Nếu tính cả vân sáng trung tâm thì số vân sáng nhiều nhất có thể quan sát được trên màn: $N = 2.14 + 1 = 29$ vân. Số vân thực sự quan sát được nhỏ hơn 29 vân (do có hiện tượng nhiễu xạ).

Bài 39 MÁY QUANG PHỔ. CÁC LOẠI QUANG PHỔ

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Máy quang phổ lăng kính

– Máy quang phổ là dụng cụ dùng để phân tích chùm ánh sáng có nhiều thành phần thành những thành phần đơn sắc khác nhau. Nói khác đi, nó dùng để nhận biết các thành phần cấu tạo của một chùm sáng phức tạp do một nguồn sáng phát ra.

– Máy quang phổ có ba bộ phận chính :

- Ống chuẩn trực là bộ phận tạo ra chùm tia sáng song song.
- Hệ tán sắc có tác dụng phân tích chùm tia song song thành nhiều chùm tia đơn sắc song song.
- Buồng tối hay buồng ảnh dùng để quan sát hay chụp ảnh quang phổ.

– Nguyên tắc hoạt động của máy quang phổ lăng kính dựa trên hiện tượng tán sắc ánh sáng.

2. Quang phổ liên tục

Quang phổ gồm nhiều dải sáng, màu sắc khác nhau, nối liền nhau một cách liên tục được gọi là quang phổ liên tục.

a) Nguồn phát

Các chất rắn, chất lỏng và những chất khí có khối lượng riêng lớn (bị nén mạnh) khi bị nung nóng phát ra quang phổ liên tục.

b) Tính chất

– Một đặc điểm quan trọng của quang phổ liên tục là nó không phụ thuộc vào bản chất của vật phát sáng mà chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của vật.

– Ở mọi nhiệt độ, vật đều phát ra ánh sáng (bức xạ). Khi nhiệt độ tăng dần thì cường độ bức xạ càng mạnh và miền quang phổ lan dần từ bức xạ có bước sóng dài sang bức xạ có bước sóng ngắn.

– Sự phân bố độ sáng của các vùng màu khác nhau trong quang phổ liên tục phụ thuộc vào nhiệt độ của vật. Nhiệt độ của vật phát sáng càng cao, thì vùng màu sáng nhất có bước sóng càng ngắn.

3. Quang phổ vạch phát xạ

Quang phổ chỉ chứa các vạch màu riêng lẻ, ngăn cách nhau bằng những khoảng tối, được gọi là quang phổ vạch phát xạ.

a) Cách tạo

Quang phổ vạch do các chất khí, bay hơi ở áp suất thấp phát ra bị kích thích (khi nóng sáng, hoặc khi có dòng điện phóng qua).

b) Tính chất

Mỗi chất khi bị kích thích phát ra các bức xạ có bước sóng xác định và cho một quang phổ vạch phát xạ riêng, đặc trưng cho nguyên tố đó. Các nguyên tố khác nhau phát ra các quang phổ vạch khác hẳn nhau về số lượng vạch, về bước sóng (tức là về vị trí) của các vạch và về cường độ sáng của các vạch đó.

4. Quang phổ vạch hấp thụ

a) Quang phổ vạch hấp thụ của chất khí hay hơi

– Quang phổ liên tục, thiếu vạch màu do chất khí (hay hơi kim loại) hấp thụ, được gọi là quang phổ vạch hấp thụ của khí (hay hơi) đó.

– Điều kiện để thu được quang phổ hấp thụ là nhiệt độ của đám khí hay hơi hấp thụ phải thấp hơn nhiệt độ của nguồn sáng phát ra quang phổ liên tục.

b) Định luật Kiếc-sốp

Ở một nhiệt độ xác định, một vật chỉ hấp thụ những bức xạ nào mà nó có khả năng phát xạ, và ngược lại, nó chỉ phát bức xạ nào mà nó có khả năng hấp thụ.

5. Phân tích quang phổ

– Phân tích quang phổ là phương pháp vật lí dùng để xác định thành phần hoá học của một chất (hay hợp chất), dựa vào việc nghiên cứu quang phổ của ánh sáng do chất ấy phát ra hoặc hấp thụ.

– Phân tích quang phổ định tính có ưu điểm là cho kết quả nhanh, có độ nhạy cao, và có thể, cùng một lúc xác định được sự có mặt của nhiều nguyên tố. Ngoài ra người ta còn phân tích định lượng để biết được cả nồng độ của các thành phần (nguyên tố) có cấu tạo bằng cách đo cường độ các vạch quang phổ phát xạ, hoặc hấp thụ, của nguyên tố ấy. Từ đó bằng tính toán ta có thể xác định được nồng độ nguyên tố trong mẫu.

Một ưu điểm của phép phân tích quang phổ là nó có khả năng phân tích từ xa, cho biết được thành phần hoá học, nhiệt độ và cả tốc độ chuyển động của Mặt Trời và các ngôi sao.

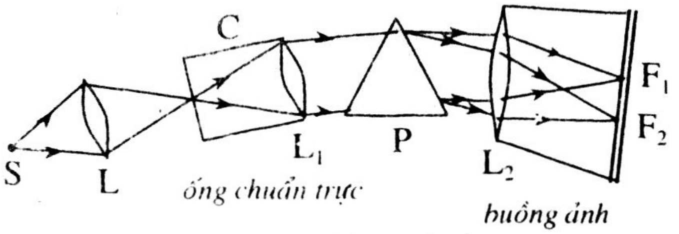
B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Công dụng của máy quang phổ là gì? Trình bày các bộ phận cấu tạo chính của một máy quang phổ lăng kính.
2. Hiện tượng quang học nào làm cơ sở hoạt động cho máy quang phổ? Nêu những tiện lợi của phép phân tích quang phổ.
3. Thực chất, vạch quang phổ là gì? Tính chất đáng chú ý nhất của quang phổ vạch của các nguyên tố là gì ?
4. Thấu kính L_1 của ống chuẩn trực một máy quang phổ có tiêu cự $f_1 = 500$mm, thấu kính L_2 của buồng ảnh có tiêu cự $f_2 = 600$mm. Khe F cao 2mm và có độ rộng a = 0,015 mm. Tính độ cao h' và độ rộng a' của các vạch quang phổ.
5. Hai vạch quang phổ chụp được với máy quang phổ trong bài toán số 5 trên ở cách nhau 0,6 mm. Tính góc α giữa hai chùm sáng ứng với hai vạch ấy, khi chúng ra khỏi hệ tán sắc.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. * Máy quang phổ là dụng cụ dùng để phân tích chùm ánh sáng có nhiều thành phần thành những thành phần đơn sắc khác nhau. Nói khác đi, nó dùng để nhận biết các thành phần cấu tạo của một chùm sáng phức tạp do một nguồn sáng phát ra.

* Máy quang phổ lăng kính có ba bộ phận chính (hình 54):



(Hình 54)

– Ống chuẩn trực là bộ phận tạo ra chùm tia sáng song song. Nó có một khe hẹp F nằm ở tiêu diện của một thấu kính hội tụ L_1. Chùm ánh sáng phát ra từ nguồn S mà ta cần nghiên cứu được rọi vào khe F. Chùm sáng ló ra khỏi thấu kính L_1 là một chùm sáng song song.

– Hệ tán sắc gồm một (hoặc vài) lăng kính P có tác dụng phân tích chùm tia song song từ L_1 chiếu tới, thành nhiều chùm tia đơn sắc song song.

– Buồng ảnh là một hộp kín trong đó có một thấu kính hội tụ L_2 (đặt chắn chùm tia sáng đã bị tán sắc sau khi qua lăng kính P) và một tấm kính ảnh (để chụp ảnh quang phổ), hoặc một tấm kính mờ (để quan sát quang phổ), đặt tại tiêu diện của L_2.

2. – Cơ sở hoạt động của máy quang phổ là hiện tượng tán sắc ánh sáng.

– Nhờ phân tích quang phổ người ta biết được sự có mặt của các nguyên tố khác nhau trong mẫu vật nghiên cứu. Phân tích quang phổ định tính có ưu điểm là cho kết quả nhanh, có độ nhạy cao, và có thể, cùng một lúc xác định được sự có mặt của nhiều nguyên tố. Ngoài ra người ta còn phân tích định lượng để biết được cả nồng độ của các thành phần (nguyên tố) có cấu tạo bằng cách đo cường độ các vạch quang phổ phát xạ, hoặc hấp thụ, của nguyên tố ấy. Từ đó bằng tính toán ta có thể xác định được nồng độ nguyên tố trong mẫu. Phép phân tích quang phổ rất nhạy, người ta có thể phát hiện được một nồng độ rất nhỏ của chất trong mẫu.

3. – Thực chất, vạch quang phổ thu được trong buồng tối của máy quang phổ là các ảnh của khe F, mỗi ảnh ứng với một bước sóng xác định.

– Tính chất đáng chú ý nhất của quang phổ vạch của các nguyên tố là quang phổ vạch của các nguyên tố khác nhau thì rất khác nhau về số lượng các vạch quang phổ, về vị trí và độ sáng các vạch (tức là về bước sóng và cường độ của các vạch). Hay nói cách khác, mỗi nguyên tố hóa học đều cho một quang phổ vạch đặc trưng cho nguyên tố đó.

4. Các vạch quang phổ thực chất là ảnh của khe F qua hệ 2 thấu kính L_1 và L_2. Ta có $F \xrightarrow{L_1} F_1 \xrightarrow{P} F_2 \xrightarrow{L_2} F'$.

Vì lăng kính P chỉ làm lệch hướng của các chùm sáng song song đến từ thấu kính L_1, đồng thời chùm sáng sau khi qua lăng kính P chiếu đến L_2 theo hướng song song với trục chính của L_2 nên có thể coi sự tạo ảnh của khe F bằng sơ đồ rút gọn: $F_1 \xrightarrow{L} F'$.

Trong đó L là thấu kính tương đương của hai thấu kính L_1 và L_2 ghép sát, có tiêu cự: $f = \dfrac{f_1f_2}{f_1 + f_2} = \dfrac{500.600}{500 + 600} = 272{,}7\text{mm}$.

Khoảng cách từ F và F' đến L: $d = 500\text{mm}$ và $d' = 600\text{mm}$.

Độ cao và độ rộng của các vạch quang phổ:

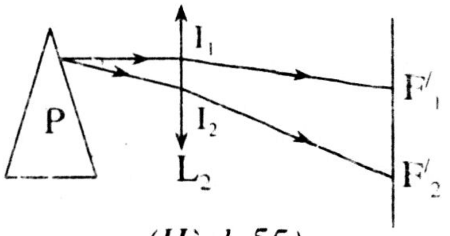
$$h' = \frac{d'}{d}h = \frac{600}{500}.2 = 2,4mm \; ; \; a' = \frac{d'}{d}a = \frac{600}{500}.0,015 = 0,018mm$$

5. Trên hình 55 là cách vẽ thu gọn của hai vạch quang phổ F_1 và F_2.

Có thể tính gần đúng:

$$\tan\alpha = \frac{F_1F_2}{f_2} = \frac{0,6}{600} = 0,001$$

$\Rightarrow \alpha \approx 3,5'$.



(Hình 55)

Bài 40 TIA HỒNG NGOẠI. TIA TỬ NGOẠI

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Tia hồng ngoại

Bức xạ không nhìn thấy, có bước sóng dài hơn 0,76 μm đến khoảng vài milimet gọi là tia hồng ngoại (hay bức xạ hồng ngoại).

a) Nguồn phát tia hồng ngoại

– Mọi vật, dù ở nhiệt độ thấp, đều phát ra tia hồng ngoại.

– Nguồn phát ra tia hồng ngoại thông dụng là lò than, lò điện, đèn điện dây tóc...

b) Tính chất

– Tính chất nổi bật của tia hồng ngoại là tác dụng nhiệt: vật hấp thụ tia hồng ngoại sẽ nóng lên.

– Tia hồng ngoại có khả năng gây ra một số phản ứng hóa học, có thể tác dụng lên một số loại phim ảnh, như loại phim để chụp ảnh ban đêm.

– Tia hồng ngoại có thể điều biến được như sóng điện từ cao tần.

– Tia hồng ngoại còn có thể gây ra hiệu ứng quang điện trong ở một số chất bán dẫn.

c) Ứng dụng

– Tia hồng ngoại dùng để sấy khô, sưởi ấm. Người ta sử dụng tia hồng ngoại để chụp ảnh bề mặt của Trái Đất từ vệ tinh.

– Tia hồng ngoại được sử dụng trong các bộ điều khiển từ xa để điều khiển hoạt động của tivi, thiết bị nghe nhìn...

– Tia hồng ngoại có nhiều ứng dụng trong lĩnh vực quân sự như camera hồng ngoại dùng để chụp ảnh, quay phim ban đêm, ống nhòm hồng ngoại dùng để quan sát ban đêm ...

2. Tia tử ngoại

Bức xạ không nhìn thấy được, có bước sóng ngắn hơn 0,38 μm đến cỡ 10^{-9}m gọi là tia tử ngoại (hay bức xạ tử ngoại).

a) Nguồn phát tia tử ngoại

Những vật được nung nóng đến nhiệt độ cao (trên 2000^0C) đều phát ra tia tử ngoại. Nguồn tia tử ngoại phổ biến hơn cả là đèn hơi thuỷ ngân.

b) Tính chất

– Tác dụng mạnh lên kính ảnh, làm ion hoá không khí.

– Kích thích sự phát quang của nhiều chất (như kẽm sunfua, cađimi sufua), có thể gây ra một số phản ứng quang hoá và phản ứng hoá học.

– Bị thuỷ tinh, nước... hấp thụ rất mạnh. Tia tử ngoại có bước sóng từ 0,18 μm đến 0,4 μm truyền qua được thạch anh.

– Có một số tác dụng sinh lí, hủy diệt tế bào da, làm da rám nắng, làm hại mắt, diệt khuẩn, diệt nấm mốc ...

– Có thể gây ra hiện tượng quang điện.

c) Ứng dụng

Tia tử ngoại thường được dùng để khử trùng nước, thực phẩm và dụng cụ y tế, dùng chữa bệnh (như bệnh còi xương), dùng để tìm vết nứt trên bề mặt kim loại...

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Tia hồng ngoại là gì? Nó do nguồn nào phát ra và phát ra trong những điều kiện nào ? Nêu những tính chất và công dụng của tia hồng ngoại.
2. Tia tử ngoại là gì? Nó do nguồn nào phát ra và phát ra trong những điều kiện nào ? Nêu những tính chất và công dụng của tia tử ngoại.
3. Căn cứ vào đâu mà ta khẳng định được rằng tia hồng ngoại và tia tử ngoại có cùng bản chất với ánh sáng thông thường?
4. Dựa vào thí nghiệm phát hiện tia hồng ngoại và tia tử ngoại, có thể kết luận gì về bước sóng của tia hồng ngoại và tia tử ngoại?
5. Một cái phích tốt, chứa đầy nước sôi, có phải là một nguồn hồng ngoại không? Một cái ấm trà chứa đầy nước sôi thì sao?
6. Dây tóc bóng đèn điện thường có nhiệt độ chừng 2200^0C. Tại sao ngồi trong buồng chiếu sáng bằng đèn dây tóc, ta hoàn toàn không bị nguy hiểm vì tác dụng của tia tử ngoại ?
7. Ánh sáng đèn hơi thủy ngân để chiếu sáng các đường phố có tác dụng diệt khuẩn không? Tại sao?
8. Giả sử ta làm thí nghiệm I-âng, với hai khe cách nhau một khoảng a = 2mm, và màn quan sát cách hai khe D = 1,2m. Dịch chuyển một mối hàn của cặp nhiệt điện trên màn D theo một đường vuông góc với hai khe, thì thấy cứ sau 0,5mm thì kim điện kế lại bị lệch nhiều nhất. Tính bước sóng của bức xạ.
9. Trong một thí nghiệm I-âng, hai khe F_1, F_2 cách nhau một khoảng a = 0,8 mm, khe F được chiếu sáng bằng bức xạ tử ngoại, bước sóng 360 nm. Một tấm giấy ảnh đặt song song với hai khe, cách chúng 1,2m. Hỏi sau khi tráng trên giấy hiện lên hình gì ? Tính khoảng cách giữa hai vạch đen trên giấy.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. – Tia hồng ngoại là những bức xạ không nhìn thấy, có bước sóng dài hơn 0,76 μm đến khoảng vài milimet.

– Mọi vật, dù ở nhiệt độ thấp, đều phát ra tia hồng ngoại.

– Tính chất nổi bật của tia hồng ngoại là tác dụng nhiệt, ngoài ra tia hồng ngoại có khả năng gây ra một số phản ứng hóa học, có thể tác dụng lên một số loại phim ảnh. Tia hồng ngoại có thể điều biến được như sóng điện từ cao tần và còn có thể gây ra hiệu ứng quang điện trong ở một số chất bán dẫn.

– Tia hồng ngoại dùng để sấy khô, sưởi ấm, dùng để chụp ảnh bề mặt của Trái Đất từ vệ tinh, sử dụng trong các bộ điều khiển từ xa để điều khiển hoạt động của tivi, thiết bị nghe nhìn...

2. – Tia tử ngoại là những bức xạ không nhìn thấy được, có bước sóng ngắn hơn 0,38 μm đến cỡ 10^{-9}m.

– Những vật được nung nóng đến nhiệt độ cao (trên 2000^0C) đều phát ra tia tử ngoại.

– Tia tử ngoại tác dụng mạnh lên kính ảnh, làm ion hoá không khí, kích thích sự phát quang của nhiều chất, có thể gây ra một số phản ứng quang hoá và phản ứng hoá học. Tia tử ngoại bị thuỷ tinh, nước... hấp thụ rất mạnh. Tia tử ngoại có một số tác dụng sinh lí và có thể gây ra hiện tượng quang điện.

– Tia tử ngoại thường được dùng để khử trùng nước, thực phẩm và dụng cụ y tế, dùng chữa bệnh (như bệnh còi xương), dùng để tìm vết nứt trên bề mặt kim loại...

3. Ta khẳng định được rằng tia hồng ngoại và tia tử ngoại có cùng bản chất với ánh sáng thông thường là vì cả tia hồng ngoại, tia tử ngoại và ánh sáng thông thường đều do một nguồn phát ra và thu được bằng cùng một dụng cụ.

4. Vì bước sóng của ánh sáng trên quang phổ liên tục giảm dần từ màu đỏ đến màu tím, đồng thời trong thí nghiệm thì tia hồng ngoại bị lăng kính làm lệch ít hơn tia màu đỏ nên tia hồng ngoại có bước sóng lớn hơn bước sóng của ánh sáng màu đỏ. Tương tự, tia tử ngoại bị lăng kính làm lệch nhiều hơn tia màu tím nên tia tử ngoại có bước sóng nhỏ hơn bước sóng của ánh sáng màu tím.

5. Nếu là cái phích tốt thì vỏ phích sẽ cách nhiệt hoàn toàn. Tuy nước trong phích có nhiệt độ gần 100^0C nhưng vỏ phích chỉ có nhiệt độ bằng nhiệt độ trong phòng, do đó phích phát ra bao nhiêu tia hồng ngoại thì nó sẽ thu lại bấy nhiêu, hay nói các khác phích tốt không thể là nguồn phát ra tia hồng ngoại ra không khí trong phòng được.

Ấm trà chứa đầy nước sôi đương nhiên là nguồn phát ra tia hồng ngoại.

6. Dây tóc bóng đèn điện khi nóng sáng có nhiệt độ chừng 2200^0C là nguồn phát ra tia tử ngoại, nhưng bóng đèn làm bằng thủy tinh lại hấp thụ tốt tia tử ngoại, mặt khác đèn thường treo trên cao nên không gây nguy hiểm gì.

7. Ánh sáng đèn hơi thủy ngân để chiếu sáng các đường phố không có tác dụng diệt khuẩn, vì tia tử ngoại do nó phát ra đều bị bóng đèn thủy tinh và vỏ nhựa bên ngoài hấp thụ mạnh.

8. Chỗ đặt mối hàn mà kim điện kế lại bị lệch nhiều nhất chính là vị trí các vân sáng. Ta có khoảng vân i = 0,5mm.

Từ $i = \frac{\lambda D}{a} \Rightarrow$ bước sóng $\lambda = \frac{ia}{D} = \frac{0,5.10^{-3}2.10^{-3}}{1,2} = 0,833.10^{-6}$m.

9. Sau khi tráng, trên giấy hiện lên những vạch đen và trắng xen kẽ, song song nhau và cách đều nhau. Vạch đen ứng với vân sáng (chú ý trên phim màu trắng thì trên ảnh màu đen và ngược lại).

Khoảng vân: $i = \frac{\lambda D}{a} = \frac{360.10^{-9}.1,2}{0,8.10^{-3}} = 540.10^{-6}$m = 0,54mm.

Bài 41 TIA X. THUYẾT ĐIỆN TỪ ÁNH SÁNG. THANG SÓNG ĐIỆN TỪ

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Tia X

Bức xạ có bước sóng từ 10^{-8} m đến 10^{-11} m gọi là tia X (hay tia Rơn-ghen). Người ta cũng thường phân biệt tia X cứng (có bước sóng rất ngắn) và tia X mềm (có bước sóng dài hơn).

a) Cách tạo tia X

Về nguyên tắc có thể làm cho bất kì chất rắn, chất lỏng nào, thậm chí là chất khí nữa phát ra tia X bằng cách bắn phá nó bằng một chùm electrôn có vận tốc lớn.

b) Tính chất

– Tính chất đáng chú ý của tia X là khả năng đâm xuyên. Tia X đi xuyên qua được giấy, vải, gỗ, thậm chí cả kim loại nữa.

– Tia X có tác dụng mạnh lên phim ảnh, làm ion hoá không khí.

– Tia X có tác dụng làm phát quang nhiều chất.

– Tia X có thể gây ra hiện tượng quang điện ở hầu hết kim loại.

– Tia X có tác dụng sinh lí mạnh: huỷ diệt tế bào, diệt vi khuẩn...

c) Công dụng

Tia X được sử dụng nhiều nhất để chiếu điện, chụp điện (vì nó bị xương cản mạnh hơn da thịt), để chuẩn đoán bệnh hoặc tìm chỗ xương gãy, mảnh kim loại trong người..., để chữa bệnh (chữa ung thư). Nó còn được dùng trong công nghiệp để kiểm tra chất lượng các vật đúc, tìm các vết nứt, các bọt khí bên trong các vật bằng kim loại...

2. Thuyết điện từ về ánh sáng

– Ánh sáng là sóng điện từ có bước sóng rất ngắn (so với sóng vô tuyến điện), lan truyền trong không gian.

Từ thuyết điện từ về ánh sáng, người ta thiết lập được mối liên hệ giữa tính chất điện từ với tính chất quang của môi trường: $\frac{c}{v} = \sqrt{\varepsilon\mu}$. Với c là tốc độ ánh sáng trong chân không, v là tốc độ ánh sáng trong môi trường có hằng số điện môi ε và độ từ thẩm μ. Từ đó suy ra hệ thức: $n = \sqrt{\varepsilon\mu}$, đồng thời người ta còn chứng tỏ được rằng ε còn phụ thuộc vào tần số f của ánh sáng $\varepsilon = F(f)$, nhờ đó mà giải thích được sự tán sắc ánh sáng.

3. Nhìn tổng quát về sóng điện từ. Thang sóng điện từ

– Các sóng vô tuyến điện, tia hồng ngoại, ánh sáng nhìn thấy, tia tử ngoại, tia X, và tia gamma là sóng điện từ. Các loại sóng điện từ đó được tạo ra bởi những cách rất khác nhau, nhưng về bản chất thì chúng cũng chỉ là một và giữa chúng không có một ranh giới nào thật rõ rệt.

Tuy vậy, vì có tần số và bước sóng khác nhau, nên các sóng điện từ có những tính chất rất khác nhau (có thể nhìn thấy hoặc không nhìn thấy, có khả năng đâm xuyên khác nhau...).

– Người ta sắp xếp và phân loại các sóng điện từ theo thứ tự bước sóng (tính ra met) theo thứ tự giảm dần, hay theo thứ tự tần số tăng dần, gọi là thang sóng điện từ.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Tia X là gì ? Nó có tính chất và công dụng gì ? Trình bày nguyên tắc tạo tia X.

2. Tia X cứng và tia X mềm khác nhau như thế nào ? Tính chất quan trọng nhất của tia X là gì ? Tại sao nó lại được coi là quan trọng nhất ?

3. Có những bằng chứng gì xác minh sự đồng nhất về bản chất giữa sóng ánh sáng và sóng điện từ?

4. Hiệu điện thế giữa anôt và catôt của một ống phóng tia X là 10kV. Tính vận tốc và động năng cực đại của các êlectron, khi đập vào anôt. Cho biết : khối lượng và điện tích của êlectron :

$$m_e = 9{,}1.10^{-31}\text{kg} \; ; \; e = -1{,}6.10^{-19}\text{ C}.$$

5. Một ống phóng tia X có công suất 400W, hiệu điện thế giữa anôt và catôt có giá trị 10kV. Hãy tính:

   a) Cường độ dòng điện trung bình và số êlectron trung bình qua ống trong mỗi giây.

   b) Nhiệt lượng tỏa ra trên đối catôt trong mỗi phút.

6. Trong một ống Rơnghen, số electrôn đập vào đối catốt trong mỗi giây là $n = 6.10^{15}$ hạt. Vận tốc mỗi hạt là $v = 5.10^7$m/s.

   a) Tính cường độ dòng điện qua ống và hiệu điện thế giữa hai cực của ống. Bỏ qua động năng ban đầu của electrôn khi bứt ra khỏi catốt.

   Cho $m_e = 9{,}1.10^{-31}$ kg ; $|e| = 1{,}6.10^{-19}$C ;

7. Nêu những nét khái quát về thang sóng điện từ.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. – Tia X là những bức xạ có bước sóng từ 10^{-8} m đến 10^{-11} m.

   – Tính chất đáng chú ý của tia X là khả năng đâm xuyên. Tia X tác dụng mạnh lên phim ảnh, làm ion hoá không khí, có tác dụng làm phát quang nhiều chất, có thể gây ra hiện tượng quang điện ở hầu hết kim loại và có tác dụng sinh lí mạnh.

   – Tia X được sử dụng nhiều nhất để chiếu điện, chụp điện (vì nó bị xương cản mạnh hơn da thịt), để chuẩn đoán bệnh hoặc tìm chỗ xương gãy, mảnh kim loại trong người..., để chữa bệnh (chữa ung thư). Nó còn được dùng trong công nghiệp để kiểm tra chất lượng các vật đúc, tìm các vết nứt, các bọt khí bên trong các vật bằng kim loại...

   * Về nguyên tắc có thể làm cho bất kì chất rắn, chất lỏng nào, thậm chí là chất khí nữa phát ra tia X bằng cách bắn phá nó bằng một chùm electrôn có vận tốc lớn.

2. Sự khác nhau giữa tia X cứng và tia X mềm là ở bước sóng và khả năng đâm xuyên của chúng. Tia X cứng có bước sóng ngắn hơn, khả năng đâm xuyên mạnh hơn so với tia X mềm.

   Tính chất quan trọng nhất của tia X là khả năng đâm xuyên, nó truyền được qua những vật không trong suốt đối với ánh sáng thông thường. Tính chất này là quan trọng nhất vì hầu hết các ứng dụng của tia X trong thực tế đều vận dụng tính chất này.

3. Có ba bằng chứng xác minh sự đồng nhất về bản chất giữa sóng ánh sáng và sóng điện từ:

- Cả hai loại cùng truyền trong chân không với cùng một vận tốc c.
- Cả hai loại cùng truyền theo đường thẳng, cùng phản xạ được trên mặt kim loại, cùng khúc xạ khi qua mặt phân cách giữa hai môi trường, cùng có thể gây ra hiện tượng giao thoa, nhiễu xạ, sóng dừng.
- Cả hai loại đều là sóng ngang.

4. Vận tốc và động năng cực đại của các êlectron đạt được khi hiệu điện thế có giá trị cực đại $U_0 = U\sqrt{2}$.

Động năng cực đại của êlectrôn:

$$W_{dmax} = \frac{1}{2}mv^2_{max} = eU_{max} = 1,6.10^{-19}.10\sqrt{2}.10^3 = 1,6\sqrt{2}.10^{-15}J.$$

Vận tốc cực đại của êlectrôn:

$$v_{max} = \sqrt{\frac{2W_{dmax}}{m}} = \sqrt{\frac{2.1,6\sqrt{2}.10^{-15}}{9,1.10^{-31}}} = 7.10^7 m/s.$$

5. a) Cường độ dòng điện trung bình: $I = \frac{\mathcal{P}}{U} = \frac{400}{10.10^3} = 0,04A.$

Số êlectrôn trung bình qua ống trong mỗi giây:

$$n = \frac{I}{e} = \frac{0,04}{1,6.10^{-19}} = 2,5.19^{17} \text{ êlectrôn}$$

b) Nhiệt lượng toả ra: Q = P.t = 400.60 = 24000J = 24kJ.

6. a) Cường độ dòng điện :

$$I = n|e| = 6.10^{15}.1,6.10^{-19} = 9,6.10^{-4} A = 0,96mA.$$

Hiệu điện thế hai cực của ống:

$$\text{Từ } |e|U = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow U = \frac{mv^2}{2|e|} = \frac{9,1.10^{-31}.(5.10^7)^2}{2.1,6.10^{-19}} = 7,1.10^3V.$$

7. – Các sóng vô tuyến điện, tia hồng ngoại, ánh sáng nhìn thấy, tia tử ngoại, tia X, và tia gamma là sóng điện từ. Các loại sóng điện từ đó được tạo ra bởi những cách rất khác nhau, nhưng về bản chất thì chúng cũng chỉ là một và giữa chúng không có một ranh giới nào thật rõ rệt. Tuy vậy, vì có tần số và bước sóng khác nhau, nên các sóng điện từ có những tính chất rất khác nhau.

– Người ta sắp xếp và phân loại các sóng điện từ theo thứ tự bước sóng (tính ra mét) theo thứ tự giảm dần, hay theo thứ tự tần số tăng dần, gọi là thang sóng điện từ.

CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM ÔN TẬP CUỐI CHƯƠNG

1. Khi truyền qua lăng kính, chùm ánh sáng trắng sẽ:

A. chỉ bị lệch về phía đáy lăng kính.

B. chỉ bị tách ra thành nhiều chùm ánh sáng có màu sắc khác nhau.

C. bị lệch phương truyền và bị tách ra thành nhiều chùm ánh sáng có màu sắc khác nhau.

D. bị biến thành ánh sáng màu tím.

2. Chọn câu **đúng**.

A. Ánh sáng trắng là hỗn hợp ánh sáng khi qua lăng kính sẽ bị biến thành màu trắng.

B. Khi cho chùm ánh sáng trắng qua lăng kính thì chùm tia màu đỏ bị lệch nhiều nhất.

C. Khi cho chùm ánh sáng trắng qua lăng kính thì chùm tia màu vàng bị lệch ít nhất.

D. Ánh sáng đơn sắc là ánh sáng không bị tán sắc khi đi qua lăng kính.

3. Một trong những nguyên nhân khiến chùm ánh sáng trắng bị tán sắc khi qua lăng kính là:

A. ánh sáng trắng là ánh sáng có thể đi qua lăng kính.

B. ánh sáng trắng không làm thay đổi chiết suất của chất làm lăng kính.

C. chiết suất của chất làm lăng kính có giá trị khác nhau đối với các ánh sáng đơn sắc khác nhau.

D. lăng kính có tác dụng tách màu của ánh sáng cũng như của các vật khác.

4. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Ánh sáng đơn sắc bị đổi màu khi đi qua lăng kính.

B. Mỗi ánh sáng đơn sắc chỉ có một màu nhất định.

C. Khi các ánh sáng đơn sắc đi qua một môi trường trong suốt thì chiết suất của môi trường đó đối với ánh sáng đỏ là nhỏ nhất.

D. Khi các ánh sáng đơn sắc đi qua một môi trường trong suốt thì chiết suất của môi trường đó đối với ánh sáng tím là lớn nhất.

5. Khi chiếu chùm ánh sáng trắng hẹp vào một lăng kính thì chùm sáng màu đỏ bị lệch ít nhất. Nguyên nhân là:

A. ánh sáng đỏ ít bị lăng kính hấp thụ ít nhất.

B. ánh sáng đỏ bị lăng kính hấp thụ nhiều nhất.

C. chiết suất của chất làm lăng kính đối với ánh sáng đỏ có giá trị nhỏ nhất.

D. chiết suất của chất làm lăng kính đối với ánh sáng đỏ có giá trị lớn nhất.

6. Hiện tượng giao thoa ánh sáng chỉ xảy ra khi hai nguồn sáng là:

A. hai nguồn sáng phát ra hai ánh sáng đơn sắc.

B. hai nguồn có cùng tần số và hai sóng ánh sáng do chúng phát ra có độ lệch pha không đổi theo thời gian.

C. hai nguồn sáng phát ra ánh sáng cùng màu.

D. hai nguồn sáng phát ra ánh sáng trắng.

7. Trong thí nghiệm I-âng về giao thoa ánh sáng, nếu sử dụng đồng thời hai ánh sáng đơn sắc màu da cam và màu chàm thì:

A. Các vân sáng màu da cam trùng khít với các vân sáng màu chàm.

B. Vân trung tâm có màu lam.

C. Các vân sáng của hai hệ vân giao thoa đều có màu trắng.

D. Các vân tối của cả hai hệ vân đều có màu đen.

8. Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng thực chất là hiện tượng:

A. ánh sáng không tuân theo định luật truyền thẳng khi nó truyền qua lỗ nhỏ hoặc gần mép những vật trong suốt hay không trong suốt.

B. ánh sáng truyền theo đường cong, vòng qua các vật cản.

C. ánh sáng bị lệch phương khi gặp những vật cản.

D. ánh sáng không thể phản xạ hoặc khúc xạ mà chỉ truyền theo đường cong.

9. Hiện tượng nào sau đây được ứng dụng trong máy quang phổ để phân tích một chùm sáng đa sắc do các vật sáng phát ra thành các thành phần đơn sắc?

A. Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng. B. Hiện tượng khúc xạ ánh sáng.

C. Hiện tượng giao thoa ánh sáng. D. Hiện tượng tán sắc ánh sáng.

10. Trong thí nghiệm I-âng về giao thoa ánh sáng, gọi λ là bước sóng ánh sáng, a là khoảng cách giữa hai khe S_1 và S_2, D là khoảng cách từ hai khe đến màn. Thông tin nào sau đây là **đúng**?

A. Vân tối thứ hai chỉ có thể có toạ độ là $x = \frac{3}{2}\frac{D}{a}\lambda$.

B. Không có vân tối nào có toạ độ $x = 4\frac{D}{a}\lambda$.

C. Khoảng cách từ vân tối thứ 2 đến vân tối thứ 5 là $\Delta x = \frac{D}{a}2\lambda$.

D. Tại các điểm có toạ độ $x = \pm\frac{7}{2}\frac{D}{a}\lambda$ là các vân tối thứ bảy.

11. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

Trong thí nhiệm giao thoa ánh sáng với khe I-âng:

A. Các vân sáng và vân tối xen kẽ nhau một cách đều đặn.

B. Vân trung tâm luôn là vân sáng, có màu trùng với màu của ánh sáng đơn sắc dùng trong thí nghiệm.

C. Khoảng cách giữa hai vân tối liên tiếp luôn bằng nhau.

D. Sát bên cạnh vân trung tâm là hai vân sáng nhưng có độ sáng yếu hơn.

12. Trong thí nghiệm I-âng về giao thoa ánh sáng, nếu dùng ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ_1 thì khoảng vân là i_1. Nếu dùng ánh sáng đơn sắc có bước sóng λ_2 thì khoảng vân là:

A. $i_2 = \frac{1+\lambda_2}{\lambda_1}i_1$. B. $i_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}i_1$. C. $i_2 = \frac{1-\lambda_2}{\lambda_1}i_1$. D. $i_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}i_1$.

13. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Đối với một môi trường trong suốt nhất định, chiết suất ứng với ánh sáng có bước sóng càng dài thì có giá trị càng nhỏ.

B. Chiết suất của một môi trường trong suốt có giá trị phụ thuộc vào bước sóng của ánh sáng truyền qua nó.

C. Chiết suất của một môi trường trong suốt có giá trị phụ thuộc vào tần số của ánh sáng truyền qua nó.

D. Đối với các môi trường trong suốt nói chung, chiết suất sẽ tăng khi bước sóng của ánh sáng truyền qua nó tăng.

14. Thông tin nào sau đây là **sai** khi nói về máy quang phổ?

A. Ống chuẩn trực có tác dụng biến chùm sáng phức tạp có nhiều bước sóng khác nhau thành một chùm sáng đơn sắc có một bước sóng duy nhất.

B. Bộ phận phân tích chùm sáng phức tạp thành các chùm sáng đơn sắc có thể là lăng kính hoặc cách tử nhiễu xạ.

C. Buồng ảnh có tác dụng giúp ta quan sát được hoặc chụp ảnh được quang phổ.

D. Máy quang phổ hoạt động dựa trên hiện tượng tán sắc ánh sáng và nhiễu xạ ánh sáng.

15. Thông tin nào sau đây là **sai**?

A. Nhiệt độ của vật phát sáng càng cao thì vùng màu sáng nhất có tần số càng nhỏ.

B. Quang phổ liên tục không phụ thuộc vào thành phần cấu tạo của nguồn sáng mà chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ của nguồn sáng.

C. Nhiệt độ của các ngôi sao có màu sáng xanh lớn hơn nhiệt độ của Mặt Trời khá nhiều.

D. Một miếng sắt và một miếng sứ nung trong lò đến cùng một nhiệt độ sẽ cho hai quang phổ liên tục giống nhau.

16. Quang phổ vạch phát xạ của các nguyên tố khác nhau thì:

A. có số lượng vạch khác nhau.

B. sự sắp xếp vị trí các vạch quang phổ như nhau.

C. có màu sắc các vạch như nhau.

D. độ sáng tỉ đối của các vạch quang phổ là như nhau.

17. Quang phổ vạch hấp thụ thực chất là:

A. quang phổ liên tục bị thiếu vạch màu do bị chất khí (hay hơi kim loại) hấp thụ.

B. quang phổ mà các chất khí hay hơi hấp thụ được.

C. quang phổ liên tục bị thiếu vạch màu do các chất khí có áp suất cao hấp thụ.

D. quang phổ liên tục bị hấp thụ bởi các chất có khối lượng riêng lớn.

18. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Điều kiện để thu được quang phổ hấp thụ là nhiệt độ của đám khí hay hơi hấp thụ thấp hơn nhiệt độ của nguồn sáng phát ra quang phổ liên tục.

B. Các nguyên tố khác nhau phát ra các quang phổ vạch phát xạ khác hẳn nhau về số lượng vạch, vị trí các vạch và về cường độ sáng của các vạch đó.

C. Sự đảo vạch quang phổ thực chất là sự thay đổi màu sắc của các vạch trong vạch quang phổ phát xạ.

D. Quang phổ vạch phát xạ là quang phổ gồm các vạch màu riêng lẻ, ngăn cách nhau bằng những khoảng tối.

19. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Các bức xạ mà mắt thường không nhìn thấy có bước sóng nằm trong khoảng dưới $0,38.10^{-6}$ m và trên $0,76.10^{-6}$ m.

B. Bức xạ hồng ngoại có bước sóng nằm trong khoảng lớn hơn 0,76μm đến khoảng vài milimet.

C. Bức xạ tử ngoại có bước sóng nằm trong khoảng ngắn hơn 0,38μm đến khoảng 10^{-9}m.

D. Bước sóng của ánh sáng nhìn thấy nằm trong khoảng từ $0,38.10^{-6}$ μm đến $0,76.10^{-6}$ μm.

20. Chọn câu **đúng**.

A. Tia X mềm có khả năng đâm xuyên mạnh hơn so với tia X cứng.

B. Nhờ khả năng đâm xuyên mạnh mà tia X dùng để chụp điện.

C. Tia X là bức xạ không nhìn thấy được.

D. Trong ống tia X, có khoảng 60% electrôn đập vào đối catốt có tác dụng tạo ra tia X, phần còn lại có tác dụng nhiệt.

HƯỚNG DẪN TRẢ LỜI

1. Khi truyền qua lăng kính, chùm ánh sáng trắng sẽ bị lệch phương truyền và bị tách ra thành nhiều chùm ánh sáng có màu sắc khác nhau. **Chọn C**

2. Câu đúng: Ánh sáng đơn sắc là ánh sáng không bị tán sắc khi đi qua lăng kính. **Chọn D**

3. Một trong những nguyên nhân khiến chùm ánh sáng trắng bị tán sắc khi qua lăng kính là: chiết suất của chất làm lăng kính có giá trị khác nhau đối với các ánh sáng đơn sắc khác nhau. **Chọn C**

4. Câu sai: Ánh sáng đơn sắc bị đổi màu khi đi qua lăng kính. **Chọn A**

5. Nguyên nhân là chiết suất của chất làm lăng kính đối với ánh sáng đỏ có giá trị nhỏ nhất. **Chọn C**

6. Hiện tượng giao thoa ánh sáng chỉ xảy ra khi hai nguồn sáng là hai nguồn có cùng tần số và hai sóng ánh sáng do chúng phát ra có độ lệch pha không đổi theo thời gian. **Chọn B**

7. Trong thí nghiệm I-âng về giao thoa ánh sáng, nếu sử dụng đồng thời hai ánh sáng đơn sắc màu da cam và màu chàm thì các vân tối của cả hai hệ vân đều có màu đen. **Chọn D**

8. Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng thực chất là hiện tượng ánh sáng không tuân theo định luật truyền thẳng khi nó truyền qua lỗ nhỏ hoặc gần mép những vật trong suốt hay không trong suốt. **Chọn A**

9. Hiện tượng tán sắc ánh sáng được ứng dụng trong máy quang phổ để phân tích một chùm sáng đa sắc do các vật sáng phát ra thành các thành phần đơn sắc. **Chọn D**

10. Thông tin đúng: Không có vân tối nào có toạ độ $x = 4\frac{D}{a}\lambda$. **Chọn B**

11. Câu sai: Sát bên cạnh vân trung tâm là hai vân sáng nhưng có độ sáng yếu hơn. **Chọn D**

12. Nếu dùng ánh sáng có bước sóng λ_2 thì $i_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} i_1$. **Chọn B**

13. Câu sai: Đối với các môi trường trong suốt nói chung, chiết suất sẽ tăng khi bước sóng của ánh sáng truyền qua nó tăng. **Chọn D**

14. Thông tin sai: Ống chuẩn trực có tác dụng biến chùm sáng phức tạp có nhiều bước sóng khác nhau thành một chùm sáng đơn sắc có một bước sóng duy nhất. **Chọn A**

15. Thông tin sai: Nhiệt độ của vật phát sáng càng cao thì vùng màu sáng nhất có tần số càng nhỏ. **Chọn A**

16. Quang phổ vạch phát xạ của các nguyên tố khác nhau thì có số lượng vạch khác nhau. **Chọn A**

17. Quang phổ vạch hấp thụ thực chất là quang phổ liên tục bị thiếu vạch màu do bị chất khí (hay hơi kim loại) hấp thụ. **Chọn A**

18. Câu sai: Sự đảo vạch quang phổ thực chất là sự thay đổi màu sắc của các vạch trong vạch quang phổ phát xạ. **Chọn C**

19. Câu sai: Bước sóng của ánh sáng nhìn thấy nằm trong khoảng từ $0{,}38.10^{-6}$ μm đến $0{,}76.10^{-6}$ μm. **Chọn D**

20. Câu đúng: Tia X là bức xạ không nhìn thấy được. **Chọn C**

Chương VII. LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG

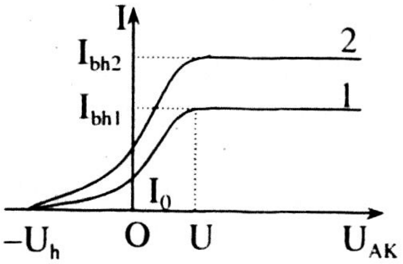
Bài 43 HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN. CÁC ĐỊNH LUẬT QUANG ĐIỆN

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Hiện tượng quang điện

– Hiện tượng ánh sáng làm bật các electrôn ra khỏi bề mặt kim loại gọi là hiện tượng quang điện ngoài (thường gọi tắt là hiện tượng quang điện). Các êlectron bị bật ra gọi là êlectron quang điện.

– Để khảo sát hiện tượng quang điện, người ta dùng tế bào quang điện. Kết quả thí nghiệm cho thấy:
Với một chùm ánh sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda < \lambda_0$ và có cường độ nhất định thì sự phụ thuộc cường độ dòng quang điện I vào hiệu điện thế U_{AK} giữa anôt và catôt được mô tả như đồ thị 56.



(Hình 56)

– Từ đồ thị ta thấy :
+ Khi $U_{AK} = 0$ vẫn có dòng quang điện I_0.
+ Khi $U_{AK} = -U_h$ thì dòng quang điện bị triệt tiêu hoàn toàn $I = 0$. Giữa động năng ban đầu cực đại của các electrôn quang điện và độ lớn của hiệu điện thế hãm có hệ thức: $W_{dmax} = \frac{mv_{0max}^2}{2} = eU_h$.
+ Khi $U_{AK} \geq U_1$ thì dòng quang điện luôn giữ giá trị không đổi $I = I_{bh}$. Giá trị I_{bh} gọi là cường độ dòng quang điện bão hoà.
* Với bước sóng λ giữ nguyên trị số như cũ nhưng tăng cường độ ánh sáng chiếu vào catôt, thì thấy cường độ dòng quang điện bão hoà tăng (đồ thị 2).

3. Các định luật quang điện

a) Định luật quang điện thứ nhất (hay định luật về giới hạn quang điện)

Hiện tượng quang điện chỉ xảy ra khi ánh sáng kích thích chiếu vào kim loại có bước sóng nhỏ hơn hoặc bằng bước sóng λ_0. λ_0 được gọi là giới hạn quang điện của kim loại: $\lambda \leq \lambda_0$.

b) Định luật quang điện thứ hai (hay định luật về cường độ dòng quang điện bão hoà)

Đối với mỗi ánh sáng thích hợp (có $\lambda \leq \lambda_0$) cường độ dòng quang điện bão hoà tỉ lệ thuận với cường độ của chùm sáng kích thích.

c) Định luật quang điện thứ ba (hay định luật về động năng cực đại của êlectron quang điện)

Động năng ban đầu cực đại của êlectron quang điện không phụ thuộc cường độ của chùm sáng kích thích, mà chỉ phụ thuộc bước sóng ánh sáng kích thích và bản chất của kim loại.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Mô tả khái quát sơ đồ thí nghiệm với tế bào quang điện. Vẽ đặc tuyến vôn – ampe của tế bào quang điện. Trình bày các kết luận chính rút ra từ kết quả thí nghiệm.

2. Chiếu một bức xạ điện từ có bước sóng thích hợp vào một quả cầu kim loại cô lập về điện để hiện tượng quang điện xảy ra. Sau một thời gian ngắn, quả cầu kim loại có điện thế cực đại. Hãy giải thích tại sao quả cầu lại có điện thế cực đại?

3. Vận tốc của các êlectron khi đập vào anôt của một tế bào quang điện là 45000km/s. Để tăng vận tốc này thêm 5000km/s, phải tăng hiệu điện thế giữa hai cực thêm bao nhiêu ?

4. Khi tăng hiệu điện thế giữa hai cực của một tế bào quang điện thêm 2000V thì vận tốc các êlectron tới anôt tăng thêm được 7000km/s. Tính vận tốc ban đầu của êlectron và hiệu điện thế ban đầu giữa hai cực của tế bào quang điện nói trên.

5. Tính số êlectron bị bứt ra khỏi catôt của một tế bào quang điện trong 5 giây khi cường độ của dòng điện bão hòa là 20μA.

6. Tính vận tốc ban đầu cực đại của êlectron quang điện, biết rằng hiệu điện thế hãm bằng 1,8V. Cho $e = -1,6.10^{-19}C$; $m = 9,1.10^{-31}kg$.

7. a) Chiếu một chùm sáng đơn sắc vào catôt của một tế bào quang điện. Hiệu điện thế hãm có giá trị 0,80V. Tính vận tốc ban đầu cực đại của êlectron quang điện.

   b) Chiếu chùm sáng đơn sắc nói trên vào một tấm kim loại phẳng có cùng bản chất với catôt của tế bào quang điện nói trên. Cho chùm êlectron quang điện bay vào một từ trường đều có từ trường đều có từ cảm là 0,005T và vectơ từ cảm song song với mặt tấm kim loại. Tính bán kính lớn nhất của quỹ đạo của các êlectron.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. – Sơ đồ thí nghiệm với tế bào quang điện như hình 57.

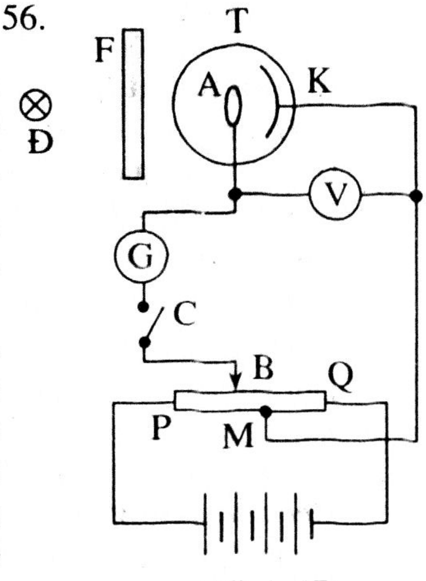
Trong đó catốt K nối vào giữa điểm M của biến trở PQ. G là micrôampe kế để đo cường độ dòng điện I (gọi là dòng quang điện) chạy qua tế bào quang điện T. Nguồn sáng Đ (là đèn hơi thủy ngân chẳng hạn) cùng với các kính lọc sắc F có tác dụng tách ra một chùm sáng đơn sắc phát ra từ nguồn để chiếu vào catốt K một chùm sáng đơn sắc có bước sóng xác định. Hiệu điện thế U_{AK} giữa anốt và catốt có thể có giá trị dương hoặc âm khi dịch chuyển con chạy B trên PQ.

– Đường đặc trưng Vôn-ampe biểu diễn trên hình 56.

Vài kết luận:

Đối với một kim loại cho trước thì không phải ánh sáng đơn sắc nào cũng có thể gây được hiện tượng quang điện. Hiện tượng quang điện chỉ xảy ra khi ánh sáng kích thích có bước sóng nhỏ hơn hoặc bằng một giới hạn nào đó gọi là giới hạn quang điện.

– Khi đã có hiện tượng quang điện thì cường độ dòng điện I phụ thuộc vào hiệu điện thế giữa anốt và catốt, không tuân theo định luật Ôm. Điểm đặc biệt là dòng quang điện vẫn tồn tại khi hiệu điện thế giữa anốt và catốt bằng 0 và dòng quang điện sẽ triệt tiêu khi hiệu điện thế đạt đến một giá trị nào đó gọi là hiệu điện thế hãm.



(Hình 57)

– Cường độ dòng quang điện bão hoà tăng tỉ lệ với cường độ chùm sáng.

2. Khi chiếu bức xạ điện từ có bước sóng thích hợp vào quả cầu kim loại cô lập về điện, các êlectrôn bứt ra khỏi quả cầu lấm cho quả cầu trở thành vật mang điện tích dương, xung quanh quả cầu xuất hiện một điện trường. Khi êlectrôn

bứt ra càng nhiều, điện tích của quả cầu càng lớn và điện trường do nó sinh ra càng mạnh. Chính điện trường này gây ra một lực cản có tác dụng cản trở chuyển động của các êlectrôn ra xa quả cầu. Khi êlectrôn bứt ra đủ nhiều, điện tích của quả cầu đủ lớn, điện trường do quả cầu sinh ra đủ mạnh sao cho công cản của lực điện trường bằng đúng động năng ban đầu cực đại của các electrôn quang điện, lúc đó êlectrôn không tách ra được nữa, điện tích của quả cầu đạt giá trị lớn nhất và điện thế của quả cầu đạt giá trị cực đại.

3. Từ công thức $E_đ = \frac{1}{2}mv^2 = eU$

Ta suy ra : $U = \frac{mv^2}{2e} = \frac{9{,}1.10^{-31}(4{,}5.10^7)^2}{2.1{,}6.10^{-19}} \approx 5800V.$

$U + \Delta U = \frac{m_e(4{,}5+0{,}5)^2.10^{14}}{2.1{,}6.10^{-19}} \approx 7100V \Rightarrow \Delta U = 1300V.$

4. Ta có: $\frac{1}{2}mv^2 = eU$ và $\frac{1}{2}m(v + 7.10^6)^2 = e(U + 2000)$

Do đó : $m\left[(v+7.10^6)^2 - v^2\right] = 2e.2000 = 4000e$

$\Rightarrow v = 46{,}7.10^6 m/s$ và $U = \frac{1}{2}\frac{mv^2}{e} = \frac{9{,}1.10^{-31}.(46{,}7.10^6)^2}{2.1{,}6.10^{-19}} \approx 6200V.$

5. Điện lượng chuyển qua tế bào trong 1 giây :

$q = It$; $I = 20\mu A = 2.10^{-5}A$; $t = 1s \Rightarrow q = 2.10^{-5}C.$

Số êlectron bị bứt ra khỏi catôt trong 1 giây :

$n = \frac{-q}{e} = \frac{-2\cdot 10^{-5}}{-1{,}6.10^{-19}} = 1{,}25.10^{14}$ êlectron.

Số êlectron bị bứt ra khỏi catôt trong 5 giây:

$N = 5n = 6{,}25.10^{14}$ êlectron.

6. Ta có: $W_{dmax} = \frac{mv_{0max}^2}{2} = eU_h \Rightarrow v_{0max} = \sqrt{\frac{2eU_h}{m}}$.

Thay số: $v_{0max} = \sqrt{\frac{2.1{,}6.10^{-19}.1{,}8}{9{,}1.10^{-31}}} = 7{,}9.10^5 m/s.$

7. a) $W_{0max} = eU_h = \frac{mv_{0max}^2}{2} \Rightarrow v_{0max} = \sqrt{\frac{2eU_h}{m}} = 3{,}75.10^5 m/s.$

b) Êlectron quang điện có vận tốc ban đầu cực đại như đã tính ở câu trên. Khi bay vào từ trường, êlectron chịu tác dụng của lực Lo-ren. Lực này vuông góc với vận tốc của êlectron nên nó đóng vai trò của lực hướng tâm và êlectron sẽ chuyển động tròn.

Ta có: $F_L = F_{ht}$ hay $B|e|v = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow R = \frac{mv}{B|e|}$

Với $v = v_{0max}$ thì $R = R_{max}$

$$R_{max} = \frac{9{,}1.10^{-31}.3{,}75.10^5}{0{,}005.1{,}6.10^{-19}} = 4{,}26.10^{-4}m \approx 0{,}43mm.$$

Bài 44-45

THUYẾT LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG. LƯỠNG TÍNH SÓNG – HẠT CỦA ÁNH SÁNG. BÀI TẬP

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Thuyết lượng tử ánh sáng

Thuyết lượng tử ánh sáng có nội dung cơ bản sau :

– Chùm ánh sáng là một chùm các phôtôn (các lượng tử ánh sáng). Mỗi phôtôn có năng lượng xác định $\varepsilon = hf$ (f là tần số của ánh sáng đơn sắc tương ứng). Cường độ của chùm sáng tỉ lệ với số phôtôn phát ra trong một giây.

– Phân tử, nguyên tử, electrôn ... phát xạ hay hấp thụ ánh sáng, cũng có nghĩa là chúng phát ra hay hấp thụ phôtôn.

– Các phôtôn bay dọc theo tia sáng với tốc độ ánh sáng.

– Năng lượng của mỗi phôtôn rất nhỏ. Một chùm sáng dù yếu cũng chứa rất nhiều phôtôn do rất nhiều phân tử, nguyên tử phát ra, vì vậy ta nhìn thấy chùm sáng liên tục.

2. Công thức Anh-xtanh về hiện tượng quang điện

Công thức: $hf = A + \dfrac{mv_{0max}^2}{2}$.

Dựa vào thuyết lượng tử ánh sáng và công thức Anh-xtanh người ta đã giải thích được một cách cặn kẽ các định luật quang điện.

3. Lưỡng tính sóng hạt của ánh sáng

Ánh sáng vừa có tính chất sóng, vừa có tính chất hạt. Người ta nói rằng, ánh sáng có lưỡng tính sóng – hạt.

– Trong mỗi hiện tượng quang học, ánh sáng chỉ thể hiện rõ một trong hai tính chất trên. Khi tính chất sóng thể hiện rõ, thì tính chất hạt lại mờ nhạt, và ngược lại.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Tại sao không thể giải thích được các định luật quang điện bằng thuyết sóng ánh sáng, hãy nêu những lí do cơ bản.
2. Giải thích các định luật quang điện bằng thuyết lượng tử ánh sáng.
3. Tính lượng tử năng lượng của các ánh sáng đỏ (0,75μm) và vàng (0,55μm).
4. Công thoát êlectrôn của kim loại dùng làm catốt của một tế bào quang điện là $A = 7{,}23.10^{-19}$ J. Nếu chiếu lần lượt vào tế bào quang điện này các bức xạ có những bước sóng sau: $\lambda_1 = 0{,}18\mu m$, $\lambda_1 = 0{,}21\mu m$, $\lambda_1 = 0{,}28\mu m$, $\lambda_1 = 0{,}32\mu m$, $\lambda_1 = 0{,}40\mu m$. Những bức xạ nào gây được hiện tượng quang điện?
5. Giới hạn quang điện của kẽm là 0,35μm. Tính công thoát của êlectron khỏi kẽm theo đơn vị jun và eV. Cho $1eV = 1{,}6.10^{-19}$J.
6. Chiếu vào catôt của một tế bào quang điện một chùm ánh sáng có bước sóng 0,330μm. Biết rằng để triệt tiêu dòng quang điện phải đặt một hiệu điện thế hãm bằng 1,38V giữa anôt và catôt. Hãy xác định công thoát của êlectron khỏi kim loại và giới hạn quang điện của kim loại làm catôt.

7. Chiếu một chùm ánh sáng có bước sóng $\lambda = 0,489\mu m$ lên một tấm kim loại kali dùng làm catôt của một tế bào quang điện. Biết công thoát êlectron của kali là 2,15eV.

   a) Tính giới hạn quang điện của kali.

   b) Tính vận tốc ban đầu cực đại của êlectron bắn ra từ catôt.

   c) Tính hiệu điện thế hãm.

   d) Biết cường độ dòng quang điện bão hoà $I_{bh} = 5mA$ và công suất của chùm ánh sáng chiếu vào catôt là $\mathcal{P} = 1,25W$, hãy tính hiệu suất lượng tử (tỉ số giữa số êlectron bứt ra khỏi mặt kim loại và số phôtôn tới mặt kim loại).

8. Khi chiếu vào một tấm kim loại một chùm sáng đơn sắc có bước sóng $0,20\mu m$, động năng cực đại của các êlectron quang điện là $8.10^{-19}J$. Hỏi khi chiếu vào tấm kim loại đó lần lượt hai chùm sáng đơn sắc có bước sóng $\lambda_1 = 1,40\mu m$ và $\lambda_2 = 0,10\mu m$, thì xảy ra hiện tượng quang điện không? Nếu có, hãy xác định vận tốc cực đại của các êlectron quang điện.

9. Công thoát êlectron khỏi đồng là 4,47 eV.

   a) Tính giới hạn quang điện của đồng.

   b) Khi chiếu bức xạ có bước xạ $\lambda = 0,14\mu m$ vào một quả cầu bằng đồng đặt xa các vật khác thì quả cầu được tích điện đến điện thế cực đại là bao nhiêu? Vận tốc ban đầu cực đại của êlectron quang điện là bao nhiêu ?

   c) Chiếu một bức xạ điện từ vào một quả cầu bằng đồng đặt xa các vật khác thì quả cầu đạt được điện thế cực đại 3V. Hãy tính bước sóng của bức xạ và vận tốc ban đầu cực đại của êlectron quang điện ?

10. Catốt của một tế bào quang điện có A = 4,14eV. Chiếu vào catốt một bức xạ có bước sóng $\lambda = 0,2\mu m$, công suất bức xạ là 0,2 W.

   a) Tính giới hạn quang điện của kim loại dùng làm catốt.

   b) Tính số phôtôn chiếu tới bề mặt catôt trong một giây.

   c) Hiệu điện thế giữa anốt và catốt phải thỏa mãn điều kiện gì để không một êlectrôn nào về được anốt. Cho $h = 6,625.10^{-34}Js$, $c = 3.10^8 m/s$.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Dùng thuyết sóng ánh sáng không thể giải thích được các định luật quang điện, vì những lí do sau:

   Theo thuyết sóng ánh sáng, khi rọi lên mặt catốt, điện trường biến thiên của chùm sáng làm cho êlectrôn trong kim loại dao động cưỡng bức. Ánh sáng kích thích càng mạnh, điện trường tác dụng càng lớn, khiến các êlectrôn dao động càng mạnh đến mức có thể bật ra khỏi kim loại và có thể có một động năng nào đó. Như vậy thuyết sóng dẫn đến hai kết quả hoàn toàn mâu thuẫn với thực nghiệm:

   – Thứ nhất, hiện tượng quang điện có thể xảy ra với bất kì ánh sáng nào miễn nó có cường độ đủ mạnh.

   – Thứ hai, động năng ban đầu của các êlectrôn cũng không phụ thuộc vào bước sóng ánh sáng mà phụ thuộc vào cường độ chùm sáng.

2. – Giải thích định luật I: Theo công thức $hf = A + \frac{mv_{0max}^2}{2}$, muốn cho hiện tượng quang điện xảy ra, nghĩa là muốn cho êlectron bứt ra khỏi mặt kim loại làm catôt, thì phôtôn của chùm sáng chiếu vào catôt phải có năng lượng lớn hơn, hoặc ít nhất phải bằng công thoát A, nghĩa là phải có $hf \geq A$ hay $h\frac{c}{\lambda} \geq A$.

Từ đó suy ra $\lambda \leq \lambda_0$, với $\lambda_0 = \frac{hc}{A}$.

λ_0 chính là giới hạn quang điện của kim loại làm catôt.

– Giải thích định luật II: Với các chùm sáng có khả năng gây ra hiện tượng quang điện, thì số êlectron quang điện bị bật ra khỏi mặt catôt trong một đơn vị thời gian tỉ lệ thuận với số phôtôn đến đập vào mặt catôt trong thời gian đó. Số phôtôn này tỉ lệ với cường độ của chùm sáng tới. Mặt khác cường độ của dòng quang điện bão hoà lại tỉ lệ thuận với số êlectron quang điện bật ra khỏi catôt trong một đơn vị thời gian. Từ đó suy ra, cường độ của dòng quang điện bão hoà tỉ lệ thuận với cường độ của chùm sáng chiếu vào catôt.

– Giải thích định luật III: Theo công thức $hf = A + \frac{mv_{0max}^2}{2}$ thì động năng ban đầu cực đại $\frac{mv_{0max}^2}{2}$ chỉ phụ thuộc vào công thoát êlectrôn của kim loại (A) tức là phụ thuộc vào bản chất của kim loại và tần số f (hay bước sóng λ) của ánh sáng kích thích.

3. Lượng tử năng lượng $\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda}$.

Với ánh sáng đỏ: $\varepsilon_d = \frac{hc}{\lambda_d} = \frac{6{,}625.10^{-34}.3.10^8}{0{,}75.10^{-6}} = 2{,}65.10^{-19}$J.

Với ánh sáng vàng: $\varepsilon_v = \frac{hc}{\lambda_v} = \frac{6{,}625.10^{-34}.3.10^8}{0{,}55.10^{-6}} = 3{,}614.10^{-19}$J.

4. Giới hạn quang điện: $\lambda_0 = \frac{hc}{A} = \frac{6{,}625.10^{-34}.3.10^8}{7{,}23.10^{-19}} = 0{,}275\mu m$.

Hiện tượng quang điện chỉ xảy ra khi bước sóng của ánh sáng kích thích nhỏ hơn giới hạn quang điện λ_0. Vậy, chỉ có các bức xạ λ_1 và λ_2 là gây được hiện tượng quang điện.

5. Công thoát êlectrôn: $A = \frac{hc}{\lambda_0} = \frac{6{,}625.10^{-34}.3.10^8}{0{,}35.10^{-6}} = 5{,}68$J.

Tính ra eV: $A = \frac{5{,}68.10^{-19}}{1{,}6.10^{-19}} = 3{,}55$eV.

6. Từ công thức Anh-xtanh $hf = \frac{1}{2}mv_{0max}^2 + A$, với $\frac{1}{2}mv_{0max}^2 = eU_h$ ta có:

$$\frac{hc}{\lambda} = eU_h + A \Rightarrow A = \frac{hc}{\lambda} - eU_h$$

Thay số: $A = \dfrac{6{,}625.10^{-34}.3.10^{8}}{0{,}33.10^{-6}} - 1{,}6.10^{-19}.1{,}38 = 3{,}815.10^{-19}$J.

Giới hạn quang điện: $\lambda = \dfrac{hc}{A} = \dfrac{6{,}625.10^{-34}.3.10^{8}}{3{,}815.10^{-19}} = 0{,}521.10^{-6}$m.

7. a) Giới hạn quang điện : $\lambda_0 = \dfrac{hc}{A} = 0{,}578\mu m$.

b) Từ $\dfrac{hc}{\lambda} = A + \dfrac{mv_{0max}^2}{2} \Rightarrow v_{0max} = \sqrt{\dfrac{2}{m}(\dfrac{hc}{\lambda} - A)} = 3{,}7.10^5$m/s.

c) Ta có : $eU_h = \dfrac{mv_{0max}^2}{2} = \dfrac{hc}{\lambda} - A \Rightarrow U_h = \dfrac{1}{e}\left(\dfrac{hc}{\lambda} - A\right) = 0{,}39$V.

d) Năng lượng mỗi phôtôn là : $\varepsilon = \dfrac{hc}{\lambda} = 4{,}064.10^{-19}$ J

Số hạt phôtôn tới catôt mỗi giây: $N = \dfrac{\mathscr{P}}{\varepsilon} \approx 3{,}1.10^{18}$ hạt.

Số êlectron bứt ra khỏi mặt kim loại và chuyển về anôt trong một đơn vị thời gian: $n = \dfrac{I_{bh}}{e} = 3{,}1.10^{16}$ hạt.

Hiệu suất lượng tử : $H = \dfrac{n}{N} \approx 10^{-2} = 1\%$.

8. Từ $\dfrac{hc}{\lambda} = A + \dfrac{mv_{0max}^2}{2} \Rightarrow A = \dfrac{hc}{\lambda} - \dfrac{1}{2}mv_{0max}^2 = 1{,}9.10^{-19}$ J.

Giới hạn quang điện: $\lambda_0 = \dfrac{hc}{A} = 1{,}02\mu m$.

– Với $\lambda_1 = 1{,}40\mu m > \lambda_0$ nên hiện tượng quang đi[illegible] xảy ra.

– Với $\lambda_2 = 0{,}10\mu m < \lambda_0$ nên hiện [illegible] quang điện xảy ra.

Ta có: $\dfrac{hc}{\lambda_2} = A + \dfrac{mv_{02max}^2}{2} \Rightarrow v_{02max} = \sqrt{\dfrac{2}{m}(\dfrac{hc}{\lambda_2} - A)} = 1{,}98.10^6$ m/s.

9. a) Giới hạn quang điện của đồng :

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} \approx 0{,}278.10^{-6}\text{ m} \approx 0{,}278\mu m.$$

b) Từ $\dfrac{hc}{\lambda} = A + \dfrac{mv_{0max}^2}{2} \Rightarrow v_{0max} = \sqrt{\dfrac{2}{m}(\dfrac{hc}{\lambda} - A)} = 1{,}244.10^6$ m/s.

* Ban đầu, quả cầu chưa tích điện. Khi chiếu bức xạ có bước sóng λ vào quả cầu thì êlectron bị bứt ra khỏi mặt cầu làm cho quả cầu tích điện dương, quả cầu có một điện thế nào đó. Khi số êlectron bứt ra khỏi mặt cầu ngày càng nhiều thì điện thế của quả cầu tăng dần và khi điện thế quả cầu đạt tới giá trị V_m thì các êlectron vừa mới bứt ra thêm, lại bị hút trở lại quả cầu (do lực hút tĩnh điện giữa quả cầu tích điện dương với êlectrôn), và điện thế của quả cầu không tăng nữa.

Với cách lập luận trên thì giá trị cực đại V_m của điện thế quả cầu chính là hiệu điện thế hãm trong tế bào quang điện.

Ta có: $eV_m = eU_h = \frac{mv_{0max}^2}{2} \Rightarrow V_m = \frac{1}{e}\cdot\frac{mv_{0max}^2}{2} \approx 4,40V.$

c) Ta có: $eV_m = \frac{mv_{0max}^2}{2}$.

Khi $V_{max} = 3V$ thì $v_{0max} = \sqrt{\frac{2eV_m}{m}} \approx 1,03.10^6$ m/s.

* Từ $\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv_{0max}^2}{2}$, với $eV_m = \frac{mv_{0max}^2}{2} \Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = A + eV_m$

$\Rightarrow \lambda = \frac{hc}{A + eV_m} = 0,166\mu m.$

10. a) Giới hạn quang điện: $\lambda_0 = \frac{hc}{A} = \frac{6,625.10^{-34}.3.10^8}{4,14.1,6.10^{-19}} = 0,3\mu m.$

b Công suất bức xạ chính là lượng năng lượng đập vào catốt trong mỗi giây.

Năng lượng của một phôton : $\varepsilon = \frac{hc}{\lambda}$.

Số hạt phôton chiếu đến trong một giây:

$$n = \frac{p}{\varepsilon} = \frac{p}{\frac{hc}{\lambda}} = \frac{p\lambda}{hc} = \frac{0,1.2.10^{-7}}{6,625.10^{-34}.3.10^8} \approx 10^{17} \text{ hạt.}$$

c) Từ công thức : $|e|U_h = \frac{hc}{\lambda} - A \Rightarrow U_h = \frac{hc}{\lambda|e|} - \frac{A}{|e|} = 2,07V$.

Vậy $U_h = -2,0$.

Bài 46

HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN BÊN TRONG
QUANG TRỞ VÀ PIN QUANG ĐIỆN

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Hiện tượng quang điện trong

a) Hiện tượng quang dẫn

Hiện tượng giảm điện trở, tức là tăng độ dẫn điện của bán dẫn do tác dụng của ánh sáng được gọi là hiện tượng quang dẫn.

b) Hiện tượng quang điện trong

Hiện tượng tạo thành các êlectron dẫn và lỗ trống trong bán dẫn, do tác dụng của các ánh sáng thích hợp, được gọi là hiện tượng quang điện trong.

Muốn gây được hiện tượng quang điện trong thì ánh sáng kích thích phải có bước sóng nhỏ hơn hoặc bằng một giá trị λ_0, gọi là giới hạn quang điện (hay giới hạn quang dẫn) của bán dẫn.

2. Quang điện trở

– Quang điện trở được chế tạo dựa trên hiệu ứng quang điện trong. Đó là một tấm bán dẫn có giá trị điện trở thay đổi khi cường độ chùm sáng chiếu vào nó thay đổi.

– Quang điện trở thường được lắp với tranzito trong các thiết bị điều khiển bằng ánh sáng, trong các máy đo ánh sáng.

3. Pin quang điện

Pin quang điện là nguồn điện, trong đó quang năng được biến đổi trực tiếp thành điện năng. Hoạt động của pin dựa trên hiện tượng quang điện trong của một số chất bán dẫn như đồng ôxit, sêlen, silic... Khả năng trực tiếp biến quang năng thành điện năng trong pin quang điện được ứng dụng để chế tạo "pin mặt trời".

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Chất quang dẫn là gì ?
2. Hiện tượng quang điện trong là gì? Giải thích tính quang dẫn của một chất.
3. Tại sao tia hồng ngoại chỉ có thể gây ra được hiện tượng quang điện trong, còn tia tử ngoại mới gây ra được hiện tượng quang điện ngoài ?
4. Giải thích vắn tắt nguyên tắc hoạt động của pin quang điện.
5. So sánh sự giống nhau và khác nhau giữa hiện tượng quang điện bên ngoài và hiện tượng quang điện bên trong.
6. Hiện tượng quang dẫn là gì. Trình bày cấu tạo và hoạt động của một loại quang trở.
7. Một mạch điện gồm một bộ pin có suất điện động 12V và điện trở trong 4Ω mắc nối tiếp với một quang điện trở.

   a) Khi quang điện trở không được chiếu sáng thì cường độ dòng điện chạy trong mạch chỉ vào khoảng 1,2μA. Xác định điện [illegible] quang điện trở ở trong tối.

   b) Khi quang điện trở được chiếu sáng thì cường độ dòng điện trong mạch là 0,5A. Tính điện trở của quang điện trở lúc được chiếu sáng.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Chất quang dẫn là những chất có tính chất đặc biệt, đó là: Chúng là chất cách điện khi không bị chiếu sáng và trở thành chất dẫn điện khi bị chiếu sáng.

2. Hiện tượng quang điện trong là hiện tượng ánh sáng giải phóng các êlectron liên kết để chúng trở thành các êlectron dẫn đồng thời giải phóng các lỗ trống tự do bên trong khối bán dẫn.

   Giải thích tính quang dẫn:

   – Khi không bị chiếu sáng, các êlectron ở trong các chất quang dẫn đều ở trong trạng thái liên kết với các nút mạng tinh thể. Không có êlectron tự do. Khi đó các chất nói trên là chất cách điện.

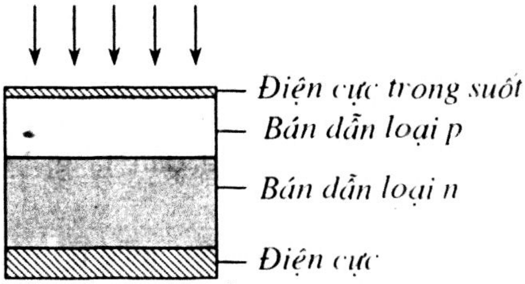
   – Khi chiếu sáng, mỗi phôtôn của ánh sáng kích thích sẽ truyền toàn bộ năng lượng của nó cho một êlectron liên kết. Nếu năng lượng mà êlectron nhận được đủ lớn thì êlectron đó có thể được giải phóng khỏi mối liên kết để trở thành êlectron dẫn và tham gia vào quá trình dẫn điện. Mặt khác, khi êlectron liên kết được giải phóng thì nó sẽ để lại một lỗ trống. Lỗ trống này cũng tham gia vào quá trình dẫn điện. Kết quả là khối chất nói trên trở thành chất dẫn điện.

3. Sở dĩ tia hồng ngoại chỉ có thể gây ra được hiện tượng quang điện trong vì giới hạn quang điện của nhiều bán dẫn nằm trong vùng hồng ngoại, tức là bước sóng của tia hồng ngoại tuy lớn nhưng vẫn có thể nhỏ hơn giới hạn quang điện của nhiều bán dẫn. Trong khi đó, đối với hiện tượng quang điện bên ngoài, giới hạn quang điện của các kim loại thường nhỏ hơn bước sóng của tia hồng ngoại nhiều lần, nên tia hồng ngoại không thể gây ra hiện tượng quang điện bên ngoài được. Các tia tử ngoại có bước sóng ngắn hơn mới có thể gây được hiện tượng quang điện bên ngoài.

4. Pin quang điện hoạt động dựa trên hiệu ứng quang điện bên trong, trong đó quang năng được biến đổi trực tiếp thành điện năng.

Trên hình 58 là nguyên tắc cấu tạo của pin quang điện.

Các lớp kim loại phía trên và phía dưới đóng vai trò là các điện cực. Khi chiếu ánh sáng có bước sóng thích hợp xuyên qua lớp kim loại phía trên thì trong lớp bán dẫn p có hiện tượng quang điện bên trong làm xuất hiện các cặp êlectrôn và lỗ trống.



(Hình 58)

Điện trường ở lớp chuyển tiếp p-n đẩy các lỗ trống về phía bán dẫn p và êlectrôn về phía bán dẫn n, làm lớp kim loại mỏng phía trên bán dẫn p nhiễm điện dương và trở thành điện cực dương; lớp kim loại dưới bán dẫn n nhiễm điện âm và trở thành [illegible] cực âm.

– Trong hiện tượng quang [illegible] bên ngoài, khi có ánh sáng thích hợp chiếu vào kim loại thì êlectrôn sẽ bị bật ra khỏi [illegible].

Như vậy hiện tượng quang điện bên trong và hiện tượng quang điện ngoài giống nhau ở chỗ các phôtôn ánh sáng đều làm bứt các electrôn, nhưng khác nhau ở chỗ:

– Hiện tượng quang điện ngoài bứt electrôn ra ngoài khối (kim loại).

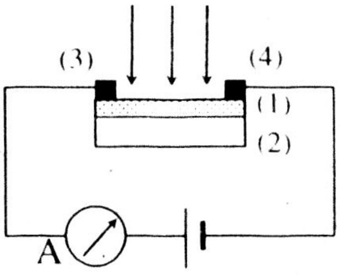
– Hiện tượng quang điện bên trong chỉ bứt electrôn ra khỏi liên kết để trở thành các electrôn dẫn ngay trong khối chất đó.

Cả hai hiện tượng còn giống nhau ở chỗ: ánh sáng kích thích phải có bước sóng thích hợp, nghĩa là đều có bước sóng giới hạn λ_0, nhưng lại khác nhau là: Năng lượng cần để bứt electrôn ra khỏi liên kết trong bán dẫn thường khá nhỏ so với công thoát electrôn ra khỏi kim loại (công thoát A), nên giới hạn quang điện λ_0 trong hiện tượng quang điện bên trong có thể nằm trong vùng hồng ngoại.

6. Hiện tượng khối bán dẫn trở nên dẫn điện tốt (tức là điện trở của khối bán dẫn giảm đi) khi bị chiếu sáng gọi là hiện tượng quang dẫn. Nó được ứng dụng để tạo ra các điện trở thay đổi được trị số nhờ thay đổi cường độ chùm sáng chiếu vào nó, gọi là các quang trở.

Cấu tạo

Quang trở có cấu tạo rất đơn giản, chỉ gồm một lớp bán dẫn mỏng (1) (cadimi sunfua CdS chẳng hạn) phủ lên một tấm nhựa cách điện (2) (hình 59). Hai đầu lớp bán dẫn được gắn với hai điện cực (3) và (4) bằng kim loại để nối ra ngoài.



(Hình 59)

Hoạt động

Nối một nguồn khoảng vài vôn với quang trở thông qua một miliampe kế. Ta thấy khi đặt quang trở trong tối thì không có dòng điện trong mạch.

Khi chiếu sáng quang trở bằng ánh sáng có bước sóng ngắn hơn giới hạn quang dẫn của bán dẫn thì trong mạch sẽ xuất hiện dòng điện. Điện trở của quang trở giảm đi rất mạnh khi bị chiếu sáng bởi ánh sáng nói trên. Quang trở được dùng thay cho tế bào quang điện trong các mạch điều khiển tự động.

7. a) Gọi R_0 là điện trở của quang điện trở trong tối. Ta có :

$$I = \frac{E}{R_0 + r} \text{ với } E = 12V \text{ ; } r = 4\Omega \text{ và } I = 1{,}2\mu A = 1{,}2.10^{-6}A.$$

$$R_0 + 4 = 1.10^7\Omega \Rightarrow R_0 \approx 1.10^7\Omega.$$

b) Gọi R là điện trở của quang điện trở lúc được chiếu sáng.

Lúc đó $I = 0{,}5A \Rightarrow R = 20\Omega$.

Bài 47

MẪU NGUYÊN TỬ BO VÀ QUANG PHỔ VẠCH CỦA NGUYÊN TỬ HIĐRÔ

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Mẫu nguyên tử Bo

a) Tiên đề về trạng thái dừng

– Nguyên tử chỉ tồn tại trong một số trạng thái có năng lượng xác định E_n, gọi là các trạng thái dừng. Khi ở trạng thái dừng, nguyên tử không bức xạ.

– Bình thường, nguyên tử ở trạng thái dừng có năng lượng thấp nhất gọi là trạng thái cơ bản. Khi hấp thụ năng lượng thì nguyên tử chuyển lên các trạng thái dừng có năng lượng cao hơn, gọi là trạng thái kích thích. Thời gian sống trung bình của các nguyên tử trong các trạng thái kích thích rất ngắn (chỉ vào cỡ 10^{-8}s). Sau đó nguyên tử chuyển về trạng thái dừng có năng lượng thấp hơn và cuối cùng về trạng thái cơ bản.

– Trong các trạng thái dừng của nguyên tử, êlectron chuyển động quanh hạt nhân trên những quỹ đạo có bán kính hoàn toàn xác định gọi là quỹ đạo dừng.

– Bo đã tìm được công thức tính bán kính quỹ đạo dừng của electrôn trong nguyên tử hiđrô: $r_n = n^2r_0$, với n là số nguyên và $r_0 = 5{,}3.10^{-11}$m, gọi là bán kính Bo.
Đó chính là bán kính của quỹ đạo dừng electrôn, ứng với trạng thái cơ bản.

– Tên quỹ đạo dừng của electrôn với n khác nhau như sau:

n	1	2	3	4	5	6...
Tên	K	L	M	N	O	P...

b) Tiên đề về sự bức xạ và hấp thụ năng lượng của nguyên tử

Khi nguyên tử chuyển từ trạng thái dừng có năng lượng E_n sang trạng thái dừng có năng lượng E_m nhỏ hơn thì nguyên tử phát ra một phôtôn có năng lượng đúng bằng hiệu $E_n - E_m$: $E_m - E_n = hf$

(h là hằng số Plăng ; n, m = 1, 2...)

Ngược lại, nếu nguyên tử đang ở trạng thái dừng có năng lượng E_m mà hấp thụ được phôtôn có năng lượng hf đúng bằng hiệu $E_n - E_m$, thì nó chuyển sang trạng thái dừng có năng lượng E_n lớn hơn.

Sự chuyển từ trạng thái dừng E_m sang trạng thái dừng E_n ứng với sự nhảy của êlectron từ quỹ đạo dừng có bán kính r_m sang quỹ đạo dừng có bán kính r_n, và ngược lại.

2. Quang phổ vạch của nguyên tử hiđrô

• Khi khảo sát thực nghiệm quang phổ của nguyên tử hiđrô, người ta thấy các vạch phát xạ của nguyên tử hiđrô sắp xếp thành các dãy khác nhau.

– Trong miền tử ngoại có một dãy, gọi là dãy Lai-man (Lyman).

– Dãy thứ hai, gọi là dãy Ban-me (Balmer) gồm có vạch nằm trong vùng tử ngoại và một số vạch nằm trong vùng ánh sáng nhìn thấy là vạch đỏ H_α; vạch lam H_β; vạch chàm H_γ và vạch tím H_δ.

– Trong miền hồng ngoại có dãy gọi là dãy Pa-sen (Paschen).

• Mẫu nguyên tử Bo giải thích được cấu trúc quang phổ vạch của hiđrô cả về định tính lẫn định lượng.

– Dãy Lai-man được tạo thành khi êlectron chuyển từ các quỹ đạo ở phía ngoài về quỹ đạo K.

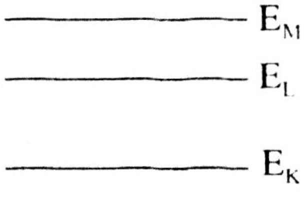
– Dãy Ban-me được tạo thành, khi êlectron từ các quỹ đạo ở phía ngoài chuyển về quỹ đạo L.

– Dãy Pa-sen được tạo thành khi êlectron từ các quỹ đạo ở phía ngoài chuyển về quỹ đạo M.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Mô tả quang phổ vạch của hiđrô và giải thích sự tạo thành các dãy quang phổ.

2. Có một đám nguyên tử của một nguyên tố mà mỗi nguyên tử có ba mức năng lượng E_K, E_L và E_M như hình 60. Chiếu vào đám nguyên tử này một chùm sáng đơn sắc mà mỗi phôtôn trong chùm có năng lượng là $\varepsilon = E_M - E_K$. Sau đó nghiên cứu quang phổ vạch phát xạ của đám nguyên tử trên. Ta sẽ thu được bao nhiêu vạch quang phổ?



(Hình 60)

A. Một vạch.
B. Hai vạch.
C. Ba vạch.
D. Bốn vạch.

3. Ion crôm trong hồng ngọc phát ra ánh sáng đỏ có bước sóng 0,694μm. Tính hiệu giữa hai mức năng lượng mà khi chuyển giữa hai mức đó, ion crôm phát ra ánh sáng nói trên.

4. Bước sóng của vạch quang phổ thứ nhất trong dãy Lai-man là $\lambda_0 = 122$nm, của hai vạch H_α, H_β, lần lượt là $\lambda_1 = 0{,}656\mu m$ và $\lambda_2 = 0{,}486\mu m$. Hãy tính bước sóng hai vạch tiếp theo trong dãy Lai-man và vạch đầu tiên trong dãy Pa-sen.

5. Đôi khi người ta dùng biểu thức: $E_n = -\dfrac{Rh}{n^2}$ để chỉ năng lượng của nguyên tử hiđrô, trong đó h là hằng số Plăng; R là một hằng số; n là các số tự nhiên 1, 2, 3,... Biểu thức này cần được hiểu như thế nào ?

6. Nguyên tử hiđrô gồm một hạt nhân và một electrôn quay xung quanh nó. Lực tương tác giữa electrôn và hạt nhân là lực tương tác điện (lực Culông).

a) Tìm vận tốc của electrôn khi nó chuyển động trên quỹ đạo có bán kính $r_0 = 5{,}3.10^{-11}$m (quỹ đạo K). Từ đó tìm số vòng quay của êlectrôn trong một đơn vị thời gian.

b) Cho biết năng lượng của electrôn trong nguyên tử hiđrô xác định bằng biểu thức $E_n = -\dfrac{R.h}{n^2}$. Trong đó h là hằng số Plăng; R là một hằng số; n là các số tự nhiên : 1, 2, 3, ..., .

n = 1 : ứng với quỹ đạo K.

n = 2 : ứng với quỹ đạo L.

Năng lượng này có giá trị âm nghĩa là muốn bứt êlectrôn ra khỏi nguyên tử cần tốn một năng lượng để đưa êlectrôn ra xa vô cùng (Với $E_\infty = 0$). Bước sóng dài nhất trong dãy Laiman là 1215 $\overset{0}{A}$; Bước sóng ngắn nhất trong dãy Banme là 3650 $\overset{0}{A}$.

– Tìm năng lượng cần thiết để bứt êlectrôn ra khỏi nguyên tử của nó, khi nó đang ở trên quỹ đạo K.

– Tìm giá trị của hằng số R.

Cho : hằng số điện $k = 9.10^9\ \dfrac{N.m^2}{C^2}$; $e = 1{,}6.10^{-19}$ C ;

$m_e = 9{,}1.10^{-31}$ kg; $h = 6{,}625.10^{-34}$ Js; $1\ \overset{0}{A} = 10^{-10}$m.

7. Để ion hóa nguyên tử hiđrô, người ta cần một năng lượng là 13,6eV. Tính bước sóng ngắn nhất của vạch quang phổ có thể có được của dãy Lai-man.

8. Khi nguyên tử hiđrô ở trạng thái cơ bản thì êlectron chuyển động trên quỹ đạo K, là quỹ đạo tròn có bán kính r_0 (gọi là bán kính Bo). Tính bán kính Bo, biết năng lượng ion hóa nguyên tử hiđrô là 13,6eV.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Quang phổ của nguyên tử hiđrô gồm các vạch phát xạ của nguyên tử sắp xếp thành các dãy khác nhau:

– Dãy Lai-man (Lyman) gồm các vạch nằm trong miền tử ngoại.

– Dãy Ban-me (Balmer) có vạch nằm trong miền tử ngoại và một số vạch nằm trong miền ánh sáng nhìn thấy.

– Dãy Pa-sen (Paschen) gồm các vạch trong miền hồng ngoại.

Sự tạo thành các dãy:

– Dãy Lai-man được tạo thành khi êlectron chuyển từ các quỹ đạo ở phía ngoài về quỹ đạo K.

– Dãy Ban-me được tạo thành, khi êlectron từ các quỹ đạo ở phía ngoài chuyển về quỹ đạo L.

– Dãy Pa-sen được tạo thành khi êlectron từ các quỹ đạo ở phía ngoài chuyển về quỹ đạo M.

2. Ta thu được 3 vạch. Vì ban đầu khi hấp thụ phôtôn trong chùm có năng lượng là $\varepsilon = E_M - E_K$, nó nhảy lên mức M. Từ mức M nó có thể phát ta phôtôn để trở về lớp L, K và từ mức L về K. **Chọn C**

3. Hiệu mức năng lượng:

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6{,}625.10^{-34}.3.10^{8}}{0{,}694.10^{-6}} = 2{,}864.10^{-19}J = 1{,}79eV.$$

4. Vạch thứ nhất của dãy Laiman ứng với trường hợp năng lượng chuyển từ E_2 xuống E_1: $f_0 = \dfrac{c}{\lambda_0} = \dfrac{E_2 - E_1}{h}$.

Tương tự:

Vạch H_α: $f_1 = \dfrac{c}{\lambda_1} = \dfrac{E_3 - E_2}{h}$; Vạch H_β: $f_2 = \dfrac{c}{\lambda_2} = \dfrac{E_4 - E_2}{h}$.

– Vạch thứ hai của dãy Laiman:

$$f_{31} = \frac{c}{\lambda_{31}} = \frac{E_3 - E_1}{h} = \frac{E_3 - E_2 + E_2 - E_1}{h} = \frac{E_3 - E_2}{h} + \frac{E_2 - E_1}{h}$$

$$\Rightarrow f_{31} = f_1 + f_0 \Rightarrow \frac{c}{\lambda_{31}} = \frac{c}{\lambda_0} + \frac{c}{\lambda_1} \Rightarrow \lambda_{31} = \frac{\lambda_0\lambda_1}{\lambda_0 + \lambda_1} = 0{,}103\mu m.$$

– Vạch thứ ba của dãy Laiman:

$$f_{41} = \frac{c}{\lambda_{41}} = \frac{E_4 - E_2}{h} = \frac{E_4 - E_2 + E_2 - E_1}{h} = \frac{E_4 - E_2}{h} + \frac{E_2 - E_1}{h}$$

Ta có: $\dfrac{c}{\lambda_{41}} = \dfrac{c}{\lambda_2} + \dfrac{c}{\lambda_0} \Rightarrow \lambda_{41} = \dfrac{\lambda_0\lambda_2}{\lambda_0 + \lambda_2} = 0{,}0975\mu m$.

– Vạch đầu tiên của dãy Pasen:

Theo trên ta có thể viết: $f_{42} = f_{43} + f_{32} \Rightarrow f_{43} = f_{42} - f_{32}$

hay $\dfrac{c}{\lambda_{43}} = \dfrac{c}{\lambda_2} - \dfrac{c}{\lambda_1} \Rightarrow \lambda_{43} = \dfrac{\lambda_1\lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2} = 1{,}785\mu m$.

5. Trước hết, năng lượng âm có nghĩa là người ta quy ước khi êlectrôn ở lớp ngoài cùng, năng lượng $E_\infty = 0$.

n = 1 ứng với quỹ đạo K (quỹ đạo có năng lượng thấp nhất).

n = 2 ứng với quỹ đạo L…

6. a) Tìm vận tốc của êlectrôn.

Lực điện đóng vai trò là lực hướng tâm :

$$F = k\frac{e^2}{r_0^2} = m\frac{v^2}{r_0} \Rightarrow v = e\sqrt{\frac{k}{mr_0}} = 2{,}2.10^6 \text{ m/s}.$$

Số vòng quay của êlectrôn trong 1s: $f = \dfrac{v}{2\pi r_0} = 6{,}6.10^{15}$ vòng/giây.

b) Năng lượng dùng để bứt electrôn ra khỏi nguyên tử hiđrô

Khi êlectrôn chuyển từ mức năng lượng cao xuống mức năng lượng thấp, nguyên tử phát ra một bức xạ điện từ có tần số thỏa mãn: $hf = \frac{hc}{\lambda} = E_{cao} - E_{thấp}$

Với bước sóng λ dài nhất tức tần số nhỏ nhất trong dãy Laiman ứng với sự chuyển mức năng lượng từ quỹ đạo L (n = 2) về quỹ đạo K (n = 1). Ta có :

$$\frac{hc}{\lambda_{max}} = E_2 - E_1 = -\frac{Rh}{2^2} - \left(-\frac{Rh}{1^2}\right) = \frac{3}{4}Rh$$

Tương tự bước sóng ngắn nhất ứng với tần số lớn nhất trong dãy Banme ứng với sự chuyển năng lượng từ trạng thái có n = ∞ đến trạng thái có n = 2. Ta có :

$$\frac{hc}{\lambda_{min}} = E_\infty - E_2 = -\frac{Rh}{\infty} - \left(-\frac{Rh}{2^2}\right) = \frac{1}{4}Rh$$

Năng lượng cần thiết để bứt êlectrôn ra khỏi nguyên tử khi electrôn đang ở lớp K:

$$E = E_\infty - E_1 = E_\infty - E_2 + E_2 - E_1 = \frac{hc}{\lambda_{max}} + \frac{hc}{\lambda_{min}} = 13,6\ eV.$$

* Tìm giá trị của hằng số R

$$E = E_\infty - E_1 = -\frac{Rh}{\infty} - (-Rh) = Rh \Rightarrow R = \frac{E}{h} = 3,29.10^{15}\ s^{-1}.$$

7. Năng lượng ion hóa nguyên tử hiđrô là năng lượng cần thiết để đưa êlectron từ quỹ đạo K lên quỹ đạo ngoài cùng. Nó đúng bằng năng lượng của phôtôn do nguyên tử hiđrô phát ra khi êlectron chuyển từ quỹ đạo ngoài cùng vào quỹ đạo K.

Ta có $\frac{hc}{\lambda_{min}} = W_{iôn} = 13,6eV = 13,6.1,6.19^{-19}J.$

$$\lambda_{min} = \frac{hc}{W_{ion}} = \frac{6,625.10^{-34}.3\cdot 10^8}{13,6.1,6.10^{-19}} = 0,9134.10^{-7}m = 0,09134\mu m.$$

8. Gọi $W_đ$ và W_t là động năng và thế năng của êlectron trên quỹ đạo K :

Ta có: $W_đ = \frac{mv^2}{2}$; $W_t = -\frac{ke^2}{r_0}$

Mặt khác, ta lại có $\frac{mv^2}{r_0} = \frac{ke^2}{r_0} \Rightarrow W_đ = \frac{ke^2}{2r_0}$

Năng lượng của êlectron trên quỹ đạo K: $W = W_đ + W_t = -\frac{ke^2}{2r_0}$

Năng lượng của êlectron trên quỹ đạo ngoài cùng: $W_\infty = 0$

Vậy năng lượng ion hóa: $W_{iôn} = W_\infty - W = \frac{ke^2}{2r_0}$

$$\Rightarrow r_0 = \frac{ke^2}{2W_{iôn}} = \frac{9.10^9\left(1,6.10^{-19}\right)^2}{2.13,6.1,6.10^{-19}} = 0,53.10^{-10}m.$$

Bài 48-49

HẤP THỤ VÀ PHẢN XẠ LỌC LỰA ÁNH SÁNG
SỰ PHÁT QUANG. SƠ LƯỢC VỀ LAZE

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Hấp thụ ánh sáng

Hấp thụ ánh sáng là hiện tượng môi trường vật chất làm giảm cường độ của chùm ánh sáng truyền qua nó.

a) Định luật về sự hấp thụ ánh sáng

Cường độ I của chùm sáng đơn sắc truyền qua môi trường hấp thụ giảm theo định luật hàm mũ của độ dài d của đường đi tia sáng:

$$I = I_0e^{-\alpha d}$$

với I_0 là cường độ của chùm sáng tới môi trường, α được gọi là hệ số hấp thụ của môi trường (Đó là định luật Bu-ghe - Lam-be).

b) Hấp thụ lọc lựa

Khi cho một chùm ánh sáng trắng đi qua một chất nào đó, ta quan sát thấy quang phổ hấp thụ, trên quang phổ của ánh sáng trắng mất đi một số bước sóng đặc trưng cho chất đang xét.

Điều đó chứng tỏ, ánh sáng có bước sóng khác nhau bị môi trường hấp thụ nhiều ít khác nhau. Nói cách khác, sự hấp thụ ánh sáng có tính chất chọn lọc, hệ số hấp thụ của môi trường phụ thuộc bước sóng ánh sáng.

Mọi chất đều hấp thụ có chọn lọc ánh sáng. Những chất hầu như không hấp thụ ánh sáng trong miền nào của quang phổ thì được gọi là gần trong suốt trong miền đó.

2. Sự phản xạ (tán xạ) lọc lựa

Ở một số vật, khả năng phản xạ (hoặc tán xạ) ánh sáng mạnh, yếu khác nhau tùy thuộc vào bước sóng của ánh sáng. Có những vật phản xạ (hoặc tán xạ) mạnh các ánh sáng có bước sóng dài, nhưng lại phản xạ (hoặc tán xạ) rất yếu các ánh sáng có bước sóng ngắn. Đó là sự phản xạ (hoặc tán xạ) lọc lựa.

3. Màu sắc các vật

Khi ánh sáng chiếu vào một vật, nó có thể bị vật phản xạ, hấp thụ, hoặc cho đi qua. Chiếu một chùm ánh sáng trắng vào một vật:

– Nếu vật phản xạ tất cả ánh sáng có bước sóng khác nhau chiếu vào nó, thì theo hướng phản xạ ta sẽ nhìn thấy vật có màu trắng.

Nếu vật hấp thụ tất cả các ánh sáng có bước sóng khác nhau chiếu tới, thì theo hướng phản xạ hoặc truyền qua ta nhìn thấy nó có màu đen.

– Nếu vật hấp thụ đa số bức xạ chính trong quang phổ của ánh sáng trắng, nó sẽ có màu xám.

Phần lớn các vật thể có màu sắc là do vật có cấu tạo từ những vật liệu xác định và vật hấp thụ một số bước sóng ánh sáng và phản xạ, tán xạ những bước sóng khác. Màu sắc các vật còn phụ thuộc vào màu sắc của ánh sáng rọi vào nó và khi nói một vật có màu này nọ, là ta đã giả định nó được chiếu bằng chùm ánh sáng trắng.

4. Hiện tượng phát quang

a) Sự phát quang

– Sự phát quang là một dạng phát ánh sáng rất phổ biến trong tự nhiên. Có một số chất (ở thể rắn, lỏng, hoặc khí) khi hấp thụ năng lượng dưới một dạng nào đó, thì chúng có khả năng phát ra các bức xạ điện từ trong miền ánh sáng nhìn thấy. Các hiện tượng đó được gọi là sự phát quang.

– Sự phát quang có nhiều đặc điểm khác biệt với các hiện tượng phát ánh sáng khác, trong đó phải kể đến hai đặc điểm quan trọng:

+ Một là, bức xạ phát quang là bức xạ riêng của vật: mỗi chất phát quang có một quang phổ đặc trưng cho nó.

+ Hai là, sau khi ngừng kích thích, sự phát quang của một số chất còn tiếp tục kéo dài thêm một khoảng thời gian nào đó, rồi mới ngừng hẳn. Khoảng thời gian từ lúc ngừng kích thích cho đến lúc ngừng phát quang gọi là thời gian phát quang. Tuỳ theo chất phát quang mà thời gian phát quang có thể kéo dài từ 10^{-10}s đến nhiều ngày.

b) Các dạng phát quang : lân quang và huỳnh quang

– Sự huỳnh quang là sự phát quang có thời gian phát quang ngắn (dưới 10^{-8}s). Nghĩa là ánh sáng phát quang hầu như tắt ngay sau khi tắt ánh sáng kích thích. Nó thường xảy ra với chất lỏng và chất khí.

– Sự lân quang là sự phát quang có thời gian phát quang dài (10^{-6}s trở lên) ; nó thường xảy ra với chất rắn.

c) Định lí Stốc về sự phát quang

Ánh sáng phát quang có bước sóng λ' dài hơn bước sóng của ánh sáng kích thích: $\lambda' > \lambda$.

c) Ứng dụng

Các loại hiện tượng phát quang có rất nhiều ứng dụng trong khoa học, kĩ thuật và đời sống, như sử dụng trong các đèn ống để thắp sáng, trong các màn hình của dao động kí điện tử, của tivi, máy tính, sử dụng sơn phát quang quét trên các biển báo giao thông ...

2. Sơ lược về laze

a) Đặc điểm của laze

Năm 1958, người ta đã chế tạo thành công laze đầu tiên. Đó là loại nguồn sáng mới, có tính chất đặc biệt khác hẳn với các nguồn sáng thông thường.

– Tia laze có tính đơn sắc rất cao. Độ sai lệch tương đối của tần số ánh sáng phát ra, $\dfrac{\Delta f}{f}$, có thể chỉ bằng 10^{-15}.

– Tia laze là chùm sáng kết hợp (các phôtôn trong chùm có cùng tần số và cùng pha).

– Tia laze là chùm sáng song song (có tính định hướng cao).

– Tia laze có cường độ lớn. Chẳng hạn như laze rubi (hồng ngọc) có cường độ tới 10^6 W/cm^2.

b) Các loại laze và ứng dụng

Laze được chế tạo đầu tiên là laze hồng ngọc (rubi).

Ngày nay người ta đã chế tạo được hàng chục loại laze rắn khác nhau, trong số đó có loại có công suất lớn như laze thuỷ tinh pha nêođim có thể đạt công suất 20 tỉ oát mỗi xung. Ngoài laze rắn còn có laze khí (He - Ne, CO_2, Ar, N...). Đặc biệt, phải kể đến các loại laze bán dẫn, là loại được dùng phổ biến nhất hiện nay.

– Tia laze có ưu thế đặc biệt trong thông tin liên lạc vô tuyến (như truyền thông tin bằng cáp quang, vô tuyến định vị, điều khiển con tàu vũ trụ ...)

– Tia laze được dùng như dao mổ trong phẫu thuật mắt, để chữa một số bệnh ngoài da (nhờ tác dụng nhiệt) ...

– Tia laze được sử dụng trong các đầu đọc đĩa CD, bút trỏ bảng ...

– Ngoài ra, tia laze còn dùng để khoan, cắt, tôi ... chính xác các vật liệu trong công nghiệp.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Hiện tượng hấp thụ ánh sáng là gì ? Phát biểu định luật hấp thụ ánh sáng.
2. Thế nào là sự hấp thụ lọc lựa ? Thế nào là sự phản xạ lọc lựa? Nêu ví dụ.
3. Nêu một số ví dụ về hiện tượng phát quang. Phân biệt lân quang và huỳnh quang. Phát biểu định luật Stốc về sự phát quang.
4. Laze là gì ? Nêu các đặc điểm của chùm sáng (tia laze) do laze phát ra và một số ứng dụng của tia laze.
5. Sự phát xạ cảm ứng là gì? Tại sao có thể khuếch đại ánh sáng dựa vào hiện tượng phát xạ cảm ứng ?
6. Trình bày cấu tạo của laze rubi.
7. Có những loại laze gì ? Trình bày một vài ứng dụng của laze.
8. Để đo khoảng cách từ Trái Đất đến Mặt Trăng người ta dùng một laze phát ra những xung ánh sáng có bước sóng $0,52\mu m$, chiếu về phía Mặt Trăng và đo khoảng thời gian giữa thời điểm xung được phát ra và thời điểm một máy thu đặt ở Trái Đất nhận được xung phản xạ. Thời gian kéo dài của một xung là $\tau = 100ns$. Khoảng thời gian giữa thời điểm phát và nhận xung là 2,667s. Năng lượng của mỗi xung ánh sáng là $W_0 = 10kJ$.

   a) Tính khoảng cách giữa Trái Đất và Mặt Trăng lúc đo.

   b) Tính công suất của chùm laze.

   c) Tính số phôtôn chứa trong mỗi xung ánh sáng.

   Lấy $c = 3.10^8 m/s$; $h = 6,625.10^{-34} J.s$.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Hiện tượng hấp thụ ánh sáng là hiện tượng môi trường vật chất làm giảm cường độ của chùm ánh sáng truyền qua nó.

   Định luật về sự hấp thụ ánh sáng: Cường độ I của chùm sáng đơn sắc truyền qua môi trường hấp thụ giảm theo định luật hàm mũ của độ dài d của đường đi tia sáng. Biểu thức: $I = I_0e^{-\alpha d}$ với I_0 là cường độ của chùm sáng tới môi trường, α được gọi là hệ số hấp thụ của môi trường (Đó là định luật Bu-ghe - Lam-be).

2. – Khi truyền qua một môi trường, ánh sáng có bước sóng khác nhau bị môi trường hấp thụ nhiều ít khác nhau, hay nói cách khác, sự hấp thụ ánh sáng có tính chất chọn lọc, hệ số hấp thụ của môi trường phụ thuộc bước sóng ánh sáng. Đó là sự hấp thụ lọc lựa.

– Ví dụ: Nếu chiếu ánh sáng trắng vào tấm kính lọc màu xanh thì nó chỉ cho các tia màu xanh truyền qua, các bức xạ còn lại bị nó hấp thụ hầu như hoàn toàn. Kết quả là ta nhìn thấy tấm kính lọc có màu xanh. Nếu chiếu vào tấm kính màu xanh bằng ánh sáng màu tím thì ánh sáng này sẽ bị tấm kính hấp thụ hầu như hoàn toàn và ta nhìn thấy tấm kính có màu đen.

– Ở một số vật, khả năng phản xạ (hoặc tán xạ) ánh sáng mạnh, yếu khác nhau tùy thuộc vào bước sóng của ánh sáng. Có những vật phản xạ (hoặc tán xạ) mạnh các ánh sáng có bước sóng dài, nhưng lại phản xạ (hoặc tán xạ) rất yếu các ánh sáng có bước sóng ngắn. Đó là sự phản xạ (hoặc tán xạ) lọc lựa.

– Ví dụ: Tấm gỗ sơn màu đỏ hấp thụ ánh sáng màu lục và tán xạ ánh sáng màu đỏ. Nếu chiếu một chùm ánh sáng trắng vào tấm gỗ đó thì ta thấy nó có màu đỏ của tấm gỗ, nhưng nếu chiếu vào tấm gỗ đó một chùm ánh sáng màu lam hoặc màu tím thì nó hấp thụ hoàn toàn và trở thành có màu đen.

3. – Một số thí dụ về hiện tượng phát quang:

+ Sự phát sáng của con đom đóm.

+ Bên trong của ống đèn huỳnh quang có chứa hơi thủy ngân ở áp suất thấp, thành trong của bóng đèn phủ một lớp bột huỳnh quang. Khi có dòng điện phóng qua thì hơi thủy ngân sẽ phát sáng, ánh sáng do hơi thủy ngân phát ra rất giàu tia tử ngoại, chúng kích thích lớp bột phát quang làm phát ra ánh sáng nhìn thấy được.

– Phân biệt: Huỳnh quang là sự phát quang có thời gian phát quang ngắn (dưới 10^{-8}s), tức là ánh sáng phát quang hầu như tắt ngay sau khi tắt ánh sáng kích thích, nó thường xảy ra với chất lỏng và chất khí trong khi đó lân quang là sự phát quang có thời gian phát quang dài (10^{-6}s trở lên), nó thường xảy ra với chất rắn.

Định luật Stốc: Ánh sáng phát quang có bước sóng λ' dài hơn bước sóng của ánh sáng kích thích: $\lambda' > \lambda$.

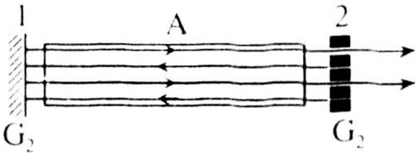
4. Laze là một nguồn sáng phát ra một chùm sáng cường độ lớn dựa trên việc ứng dụng hiện tượng phát xạ. Nó có cường độ lớn, có tính đơn sắc rất cao, nó là chùm sáng kết hợp và có tính định hướng cao.

– Một số ứng dụng: Tia laze có ưu thế đặc biệt trong thông tin liên lạc vô tuyến (như truyền thông tin bằng cáp quang, vô tuyến định vị, điều khiển con tàu vũ trụ ...). Tia laze được dùng như dao mổ trong phẫu thuật mắt, để chữa một số bệnh ngoài da (nhờ tác dụng nhiệt). Tia laze được sử dụng trong các đầu đọc đĩa CD, bút trỏ bảng ... Ngoài ra, tia laze còn dùng để khoan, cắt, tôi ... chính xác các vật liệu trong công nghiệp.

5. – Sự phát xạ cảm ứng là hiện tượng khi một nguyên tử đang ở trong trạng thái kích thích, sẵn sàng phát ra một phôtôn có năng lượng $\varepsilon = hf$, bắt gặp một phôtôn có năng lượng ε' đúng bằng hf, bay lướt qua nó, thì lập tức nó cũng phát ra phôtôn ε có cùng năng lượng và bay cùng phương với phôtôn ε'; đồng thời sóng điện từ ứng với phôtôn ε hoàn toàn cùng pha và dao động trong một mặt phẳng song song với mặt phẳng dao động của sóng điện từ ứng với phôtôn ε'.

– Sở dĩ có thể khuếch đại ánh sáng dựa vào hiện tượng phát xạ cảm ứng là vì nếu có một phôtôn ban đầu bay qua một loạt nguyên tử đang ở trong trạng thái kích thích thì số phôtôn sẽ tăng lên theo cấp số nhân. Các phôtôn này bay theo cùng một hướng rất lớn nên cường độ của chùm sáng có cường độ rất lớn.

6. Laze rubi gồm một thanh rubi hình trụ (A) (hình 61). Hai mặt được mài nhẵn, vuông góc với trục của thanh. Mặt (1) được mạ bạc trở thành một gương phẳng (G_1) có mặt phản xạ quay vào phía trong. Mặt (2) là mặt bán mạ, tức là mạ một lớp rất mỏng để cho khoảng 50% cường độ của chùm sáng chiếu tới bị phản xạ, còn khoảng 50% truyền qua. Mặt này trở thành một gương phẳng (G_2) có mặt phản xạ quay về phía G_1. Hai gương G_1 và G_2 song song với nhau. Để tạo ra laze, người ta dùng một đèn phóng điện xenon để chiếu sáng rất mạnh thanh rubi, chùm tia laze lấy ra từ gương bán mạ G_2.



(Hình 61)

7. Có ba loại laze chính là: Laze khí (laze He-Ne, laze CO_2); Laze rắn (như laze rubi) và Laze bán dẫn (laze Ga-Al-As).

Vài ứng dụng quan trọng:

– Trong y học, lợi dụng khả năng có thể tập trung năng lượng của chùm tia laze vào một vùng rất nhỏ, người ta đã dùng tia laze như một dao mổ trong các phẫu thuật tinh vi như mắt, mạch máu,... Ngoài ra, người ta cũng sử dụng tác dụng nhiệt của tia laze để chữa một số bệnh như các bệnh ngoài da...

– Trong thông tin liên lạc, do có tính định hướng và tần số rất cao nên tia laze có ưu thế đặc biệt trong liên lạc vô tuyến (vô tuyến định vị, liên lạc vệ tinh, điều khiển các con tàu vũ trụ...). Do có tính kết hợp và cường độ cao nên các tia laze được sử dụng rất tốt trong việc truyền tin bằng cáp quang.

– Trong công nghiệp, vì tia laze có cường độ lớn và tính định hướng cao nên nó được dùng trong các công việc như cắt, khoan, tôi,... chính xác trên nhiều chất liệu như kim loại, compôzit,...

– Trong trắc địa, laze được dùng trong các công việc như đo khoảng cách, tam giác đạc, ngắm đường thẳng,...

8. a) Gọi L là khoảng cách Trái Đất – Mặt Trăng. Ta có 2L = ct.

$$\Rightarrow L = \frac{c.t}{2} = \frac{3.10^8.2,667}{2} \approx 4.10^8\text{m} = 400000\text{km}.$$

b) Công suất: $P = \dfrac{W_0}{\tau} = \dfrac{10.10^3}{100.10^{-9}} = 1.10^{11}\text{W} = 100\,000\text{MW}.$

c) Số phôtôn được phát ra trong mỗi xung ánh sáng :

$$N = \frac{W_0}{hf} = \frac{W_0\lambda}{hc} = \frac{10\cdot 10^3.0,52.10^{-6}}{6,625.10^{-34}.3.10^8} \approx 2,62.10^{22}\text{ hạt.}$$

CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM ÔN TẬP CUỐI CHƯƠNG

1. Chiếu tia tử ngoại vào một tấm kim loại thì thấy có hiện tượng quang điện xảy ra. Đối với kim loại này, hiện tượng quang điện sẽ xảy ra khi chiếu vào nó bức xạ nào sau đây?

A. Tia gamma.
B. Sóng điện từ có bước sóng cực ngắn.
C. Ánh sáng nhìn thấy.
D. Tia hồng ngoại.

2. Một kim loại có giới hạn quang điện $\lambda_0 = 0,27$ μm. Bức xạ nào dưới đây gây được hiện tượng quang điện đối với kim loại đó?

A. Ánh sáng nhìn thấy.
B. Tia X.
C. Bức xạ hồng ngoại.
D. Các sóng điện từ.

3. Trong hiện tượng quang điện, nếu 1 phôtôn có năng lượng hf đập vào kim loại có công thoát A làm bứt 1 electrôn có khối lượng m ra khỏi kim loại với vận tốc v_0 thì biểu thức nào sau đây là **đúng**?

A. $\frac{1}{2}hf = A + \frac{mv_0^2}{2}$.　　B. $hf = A + \frac{mv_0^2}{2}$.

C. $2hf = A + \frac{mv_0^2}{2}$.　　D. $hf = 2A - \frac{mv_0^2}{2}$.

4. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

Trong hiện tượng quang điện:

A. Động năng ban đầu cực đại của electrôn quang điện không phụ thuộc vào cường độ của chùm sáng kích thích.

B. Cường độ dòng quang điện bão hòa luôn tỉ lệ thuận với cường độ của chùm sáng kích thích.

C. Bước sóng của ánh sáng kích thích luôn nhỏ hơn hoặc bằng giới hạn quang điện của kim loại.

D. Năng lượng của phôtôn đập vào kim loại luôn có giá trị nhỏ hơn động năng ban đầu cực đại của các electrôn quang điện.

5. Theo giả thuyết lượng tử năng lượng của Plăng thì:

A. năng lượng bức xạ được phát ra không thể có các giá trị liên tục bất kì.

B. năng lượng bức xạ phát ra luôn bằng năng lượng nguyên tố.

C. Với bức xạ có tần số f, giá trị một lượng tử năng lượng tương ứng bằng $\frac{h}{f}$ (với h là hằng số Plăng).

D. những nguyên tử hay phân tử vật chất có thể hấp thu năng lượng bức xạ bằng một số lẻ lần năng lượng nguyên tố.

6. Điều nào sau đây là **sai** với những kết quả thu được trong thí nghiệm với tế bào quang điện?

A. Khi hiệu điện thế anốt và catốt bằng không thì dòng quang điện cũng bằng không.

B. Với cùng bước sóng của ánh sáng kích thích, giá trị của dòng điện bão hoà thay đổi theo cường độ chùm sáng.

C. Khi hiệu điện thế anốt và catốt tăng đến một giá trị nào đó thì dòng quang điện đạt giá trị bão hoà.

D. Khi hiệu điện thế anốt và catốt bằng hiệu điện thế hãm thì dòng quang điện triệt tiêu.

7. Gọi v_0 là vận tốc ban đầu cực đại của electrôn quang điện, m và e là khối lượng và điện tích của electrôn, U_h là giá trị của hiệu điện thế hãm. Khi dòng quang điện triệt tiêu thì:

A. $eU_h = \frac{mv_0^2}{4}$.　　B. $eU_h = \frac{mv_0}{2}$.

C. $eU_h = \sqrt{\frac{mv_0}{2}}$.　　D. $eU_h = \frac{mv_0^2}{2}$.

8. Trong hiện tượng quang dẫn, khi bán dẫn tinh khiết được chiếu bằng chùm ánh sáng thích hợp thì độ dẫn điện của bán dẫn tăng lên. Nguyên nhân là do dưới tác dụng của ánh sáng:

A. khối bán dẫn bị nhiễm điện mạnh.

B. cả khối bán dẫn bị nóng lên.

C. các electrôn được sinh ra rất nhanh.

D. các electrôn liên kết trong bán dẫn bứt ra khỏi liên kết với các nguyên tử, chuyển động tự do, đồng thời tạo ra các lỗ trống.

9. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Quang điện trở là một tấm bán dẫn có giá trị điện trở thay đổi khi cường độ chùm sáng chiếu vào nó thay đổi.

B. Hiện tượng tạo thành các electrôn dẫn và các lỗ trống trong bán dẫn do tác dụng của các ánh sáng thích hợp gọi là hiện tượng quang điện trong.

C. Hiện tượng quang dẫn là hiện tượng giảm điện trở của bán dẫn khi có ánh sáng thích hợp chiếu vào nó.

D. Quang điện trở không thể dùng để thay thế cho các tế bào quang điện.

10. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Khác với tế bào quang điện chân không, khi quang điện trở hoạt động thì không có dòng bão hoà.

B. Hiện nay, hầu hết các tế bào quang điện trong các mạch điều khiển tự động đều được thay thế bằng các quang điện trở.

C. Năng lượng cần thiết để giải phóng electrôn liên kết trong bán dẫn thường nhỏ hơn công thoát electrôn từ mặt các kim loại.

D. Nhược điểm chủ yếu của tế bào quang điện là nó có quán tính lớn, khi được rọi sáng dòng quang điện không đạt ngay đến giá trị của nó mà cần phải có một khoảng thời gian nhất định nào đó.

11. Khi nguyên tử chuyển từ trạng thái dừnng E_m sang trạng thái dừng E_n thì ứng với sự nhảy của electrôn:

A. từ quỹ đạo dừng có bán kính nhỏ nhất sang quỹ đạo dừng bán kính r_m.

B. từ quỹ đạo dừng có bán kính nhỏ nhất sang quỹ đạo dừng bán kính r_n.

C. từ quỹ đạo dừng bán kính r_m sang quỹ đạo dừng bán kính r_n.

D. từ quỹ đạo dừng bán kính r_n sang quỹ đạo dừng bán kính r_m.

12. Trong nguyên tử hyđrô, nếu electrôn nhảy từ quỹ đạo N (n = 4), lên quỹ đạo P (n = 6) thì nó đã hấp thụ một phôtôn có năng lượng là:

A. $\varepsilon = 36E_6 - 16E_4$.   B. $\varepsilon = E_6 + E_4$.   C. $\varepsilon = E_6 - E_4$.   D. $\varepsilon = E_4 - E_6$.

13. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

Trong quang phổ của nguyên tử hyđrô:

A. Dãy Pa-sen được tạo thành khi electrôn chuyển từ các quỹ đạo ở phía ngoài về quỹ đạo M.

B. Vạch H_α trong dãy Ban-me được tạo thành khi electrôn chuyển từ quỹ đạo N về quỹ đạo L.

C. Trong dãy Lai-man, vạch tương ứng với bước sóng lớn nhất được tạo thành khi electrôn chuyển từ quỹ đạo L về quỹ đạo K.

D. Trong dãy Pa-sen, vạch tương ứng với tần số nhỏ nhất được tạo thành khi electrôn chuyển từ quỹ đạo N về quỹ đạo M.

14. Thông tin nào sau đây là **sai** khi nói về quang phổ nguyên tử hyđrô?

A. Trong dãy Lai-man, vạch ứng với bước sóng lớn nhất được tạo thành khi electrôn chuyển từ mức năng lượng E_2 sang E_1.

B. Trong dãy Ban-me, vạch ứng với bước sóng lớn nhất được tạo thành khi electrôn chuyển từ mức năng lượng E_3 sang E_2.

C. Trong dãy Pa-sen, vạch ứng với bước sóng lớn nhất được tạo thành khi electrôn chuyển từ mức năng lượng E_4 sang E_3.

D. Vạch H_δ của dãy Pa-sen được tạo thành khi electrôn chuyển từ mức năng lượng E_6 sang E_4.

15. Gọi I_0 là cường độ chùm sáng đơn sắc truyền tới môi trường hấp thụ có hệ số hấp thụ α. Cường độ của chùm sáng sau khi đã truyền đi quãng đường d xác định bởi biểu thức:

A. $I = \frac{1}{4}I_0e^{-\alpha d}$. B. $I = 4I_0e^{-\alpha d}$. C. $I = I_0e^{-\alpha d}$. D. $I = I_0e^{-\frac{\alpha}{d}}$.

16. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Khi ánh sáng truyền trong môi trường vật chất thì cường độ chùm sáng giảm dần theo độ dài của đường truyền.

B. Khi truyền trong môi trường, mọi ánh sáng đều bị môi trường hấp thụ như nhau.

C. Chân không là môi trường duy nhất không hấp thụ ánh sáng.

D. Những vật có màu đen thì hấp thụ hoàn toàn mọi ánh sáng nhìn thấy.

17. Chiếu một chùm ánh sáng trắng tới một vật, nếu vật hấp thụ tất cả các ánh sáng đơn sắc trong chùm sáng trắng thì theo hướng phản xạ, ta nhìn thấy vật:

A. có những vạch màu ứng với màu của các ánh sáng đơn sắc.

B. có màu giống như cầu vồng.

C. có màu đen.

D. có màu trắng.

18. Trong các câu nói về về sự phát quang sau đây, câu nào **sai**?

A. Trong sự phát quang, sau khi ngừng kích thích thì sự phát quang của một số chất còn tiếp tục kéo dài thêm một khoảng thời gian nào đó rồi mới ngừng hẳn.

B. Mỗi chất phát quang có một quang phổ riêng, đặc trưng cho nó.

C. Một số chất khi hấp thụ năng lượng ở một dạng nào đó thì có thể phát ra các bức xạ điện từ trong miền ánh sáng nhìn thấy.

D. Tất cả các chất phát quang đều có thời gian phát quang khá dài, vào khoảng vài giờ đến vài ngày.

19. Tính chất hạt của ánh sáng thể hiện rõ nét trong trường hợp nào sau đây:

A. Hiện tượng quang điện bên trong.

B. Hiện tượng giao thoa ánh sáng.

C. Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng.

D. Hiện tượng phản xạ và khúc xạ ánh sáng.

20. Đặc điểm nào sau đây **không đúng** với laze?

A. Các phôtôn thành phần đều cùng pha.

B. Thường tồn tại dưới dạng chùm sáng đa sắc.

C. Có mật độ công suất lớn.

D. Là chùm sáng có độ song song rất cao.

HƯỚNG DẪN TRẢ LỜI

1. Hiện tượng quang điện xảy ra nếu dùng tia gamma. **Chọn A**
2. Tia X gây được hiện tượng quang điện đối với kim loại. **Chọn B**
3. Biểu thức đúng: $hf = A + \frac{mv_0^2}{2}$. **Chọn B**
4. Câu sai: Năng lượng của phôtôn đập vào kim loại luôn có giá trị nhỏ hơn động năng ban đầu cực đại của các electrôn quang điện. **Chọn D**
5. Theo giả thuyết lượng tử năng lượng của Plăng thì năng lượng bức xạ được phát ra không thể có các giá trị liên tục bất kì. **Chọn A**
6. Thông tin sai: Khi hiệu điện thế anốt và catốt bằng không thì dòng quang điện cũng bằng không. **Chọn A**
7. Khi dòng quang điện triệt tiêu thì $eU_h = \frac{mv_0^2}{2}$. **Chọn D**
8. Nguyên nhân là do dưới tác dụng của ánh sáng, các electrôn liên kết trong bán dẫn bứt ra khỏi liên kết với các nguyên tử, chuyển động tự do, đồng thời tạo ra các lỗ trống. **Chọn D**
9. Câu sai: Quang điện trở không thể dùng để thay thế cho các tế bào quang điện. **Chọn D**
10. Câu sai: Nhược điểm chủ yếu của tế bào quang điện là nó có quán tính lớn, khi được rọi sáng dòng quang điện không đạt ngay đến giá trị của nó mà cần phải có một khoảng thời gian nhất định nào đó. **Chọn D**
11. Khi nguyên tử chuyển từ trạng thái dừnng E_m sang trạng thái dừng E_n thì ứng với sự nhảy của electrôn từ quỹ đạo dừng bán kính r_m sang quỹ đạo dừng bán kính r_n. **Chọn C**
12. Trong nguyên tử hyđrô, nếu electrôn nhảy từ quỹ đạo N ($n = 4$), lên quỹ đạo P ($n = 6$) thì nó đã hấp thụ một phôtôn có năng lượng là $\varepsilon = E_6 - E_4$. **Chọn C**
13. Câu sai: Vạch H_α trong dãy Ban-me được tạo thành khi electrôn chuyển từ quỹ đạo N về quỹ đạo L. **Chọn B**
14. Thông tin sai: Vạch H_δ của dãy Pa-sen được tạo thành khi electrôn chuyển từ mức năng lượng E_6 sang E_4. **Chọn D**
15. Cường độ của chùm sáng sau khi đã truyền đi quãng đường d xác định bởi biểu thức $I = I_0e^{-\alpha d}$. **Chọn C**
16. Câu sai: Khi truyền trong môi trường, mọi ánh sáng đều bị môi trường hấp thụ như nhau. **Chọn B**
17. Nếu vật hấp thụ tất cả các ánh sáng đơn sắc trong chùm sáng trắng thì theo hướng phản xạ, ta nhìn thấy vật có màu đen. **Chọn C**
18. Câu sai: Tất cả các chất phát quang đều có thời gian phát quang khá dài, vào khoảng vài giờ đến vài ngày. **Chọn D**
19. Tính chất hạt của ánh sáng thể hiện rõ nét trong hiện tượng quang điện bên trong. **Chọn D**
20. Đặc điểm không đúng: Thường tồn tại dưới dạng chùm sáng đa sắc. **Chọn B**

Chương VIII. SƠ LƯỢC VỀ THUYẾT TƯƠNG ĐỐI HẸP

Bài 50 THUYẾT TƯƠNG ĐỐI HẸP

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Hạn chế của cơ học cổ điển

Cơ học cổ điển (còn gọi là cơ học Niu-tơn), đã chiếm một vị trí quan trọng trong sự phát triển của vật lí học cổ điển và được áp dụng rộng rãi trong khoa học kĩ thuật. Tuy nhiên, trong những trường hợp vật chuyển động với tốc độ xấp xỉ bằng tốc độ ánh sáng thì cơ học Niu-tơn không còn đúng nữa. Năm 1905, Anh-xtanh đã xây dựng một lí thuyết tổng quát hơn cơ học Niu-tơn gọi là thuyết tương đối hẹp Anh-xtanh (gọi tắt là thuyết tương đối).

2. Các tiên đề Anh-xtanh

Tiên đề I (nguyên lí tương đối)

Các định luật vật lí (cơ học, điện từ học ...) có cùng một dạng như nhau trong các hệ quy chiếu quán tính.

Tiên đề II (nguyên lí về sự bất biến của vận tốc ánh sáng)

Tốc độ của ánh sáng trong chân không có cùng độ lớn bằng c trong mọi hệ quy chiếu quán tính, không phụ thuộc vào phương truyền và vận tốc của nguồn sáng hay máy thu.

3. Hai hệ quả của thuyết tương đối hẹp

a) Sự co của độ dài

Độ dài của một thanh bị co lại dọc theo phương chuyển động của nó. Xét một thanh có độ dài l_0 (gọi là độ dài riêng) chuyển động với tốc độ v dọc theo trục tọa độ của một hệ quán tính đứng yên K. Phép tính chứng tỏ độ dài l của thanh đo được trong hệ K có giá trị bằng: $l = l_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} < l_0$.

Như vậy chiều dài của thanh đã bị co lại theo phương chuyển động, theo tỉ lệ $\gamma = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$.

b) Sự chậm lại của đồng hồ chuyển động

Tại một điểm cố định M' của hệ quán tính K', chuyển động với tốc độ v đối với hệ quán tính K, có một biến cố xảy ra trong khoảng thời gian Δt_0 theo đồng hồ gắn với hệ K' thì đồng hồ gắn với hệ K đo được khoảng thời gian Δt tính bởi

$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} > \Delta t_0$, nghĩa là $\Delta t_0 < \Delta t$.

Đồng hồ gắn với vật chuyển động chạy chậm hơn đồng hồ gắn với quan sát viên đứng yên (đồng hồ gắn với hệ K).

Như vậy khái niệm thời gian là tương đối, phụ thuộc vào sự lựa chọn hệ quy chiếu quán tính.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Tại sao theo thuyết tương đối không thể có vật rắn tuyệt đối?

2. Tính độ co chiều dài của một cái thước có chiều dài riêng bằng 24cm, chuyển động với tốc độ v = 0,8c.

3. Nếu chụp ảnh một hình vuông ABCD có cạnh bằng a, chuyển động với vận tốc v = 0,8c theo phương song song với hai cạnh AB và CD thì ảnh có dạng gì. Coi khoảng cách từ 4 đỉnh đến máy ảnh bằng nhau và các kích thước theo phương vuông góc với vận tốc không bị co lại khi hình vuông chuyển động.

4. Một đồng hồ chuyển động với vận tốc v = 0,8c. Hỏi sau 30phút (tính theo đồng hồ đo) thì đồng hồ này chạy chậm hơn đồng hồ gắn với quan sát viên đứng yên bao nhiêu giây?

5. Trong mặt phẳng xOy có một đoạn thẳng OA làm với Ox góc 30^0. Nếu ta chuyển động song song với Ox với vận tốc v = 0,8c thì thấy góc xOA bằng bao nhiêu ?

6. Một con tàu vũ trụ đang bay về Trái Đất với tốc độ 39890 km/h. Người trên Trái Đất thấy một ngày đêm của con tàu này dài bao nhiêu theo đồng hồ của Trái Đất

7. Làm bài toán giả tưởng sau: Năm 25 tuổi một phi công vũ trụ xuất phát để đi thám hiểm ngôi sao A ở cách Trái Đất 10 năm ánh sáng trên một con tàu vũ trụ có vận tốc v = 0,8c. Anh ta hẹn khi tới ngôi sao thì lập tức gửi tín hiệu vô tuyến điện báo cho người em sinh đôi trên Trái Đất.

   a) Con tàu tới ngôi sao thì tuổi của phi công (theo đồng hồ của anh ta) là bao nhiêu?

   b) Người em nhận được tín hiệu lúc bao nhiêu tuổi ?

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Đối với vật rắn tuyệt đối thì khi ta tác dụng vào đầu này của vật thì đầu kia lập tức chuyển động, có nghĩa là tác dụng của lực đã truyền đi với vận tốc vô cùng lớn. Điều đó là trái với thuyết tương đối.

2. Ta có: $l = l_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = 30\sqrt{1-\frac{(0,8c)^2}{c^2}} = 18\text{cm}$.

   Độ co: $\Delta l = l_0 - l = 24 - 18 = 6\text{cm}$.

3. Hai cạnh song song với v bị co lại chỉ còn dài:

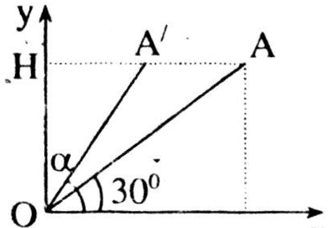
   $$a' = a\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = a\sqrt{1-0,8^2} = 0,6a$$

   Vậy ảnh là hình chữ nhật có bề rộng bằng 0,6 bề cao.

4. Ta có: $\Delta t = \dfrac{\Delta t_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \dfrac{30}{\sqrt{1-\frac{(0,8c)^2}{c^2}}} = 50$ phút.

   Lượng thời gian chạy chậm là 20 phút.

5. Các khoảng cách từ các điểm của OA tới Oy đều bị co lại theo cùng một tỉ lệ $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$, các khoảng cách tới Ox không bị co nên ta thấy OA$'$ vẫn thẳng nhưng làm với Ox một góc α lớn hơn (hình 62).



(Hình 62)

Nếu OA = 1 thì HA = $\cos 30^0 = 0{,}866$ và OH = 0,5HA bị co lại thành

$$HA' = HA\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = 0{,}6HA \approx 0{,}52$$

$$\Rightarrow \tan\alpha = \frac{0{,}5}{0{,}52} = 0{,}96 \Rightarrow \alpha = 44^0$$

6. Ta có v = 39890 km/h = 11,08 km/s << c = 300000km/s nên tỉ số $(\frac{v}{c})^2 = (\frac{11{,}08}{300000})^2 = 136.10^{-11} << 1$.

Dùng công thức gần đúng: $\sqrt{1-(\frac{v}{c})^2} \approx 1 + \frac{1}{2}\frac{v}{c} = 1 + 68.10^{-11}$

Một ngày đêm tính theo đồng hồ của phi công trên tàu là:

$$T_0 = 24.3600 = 86400 \text{ s}$$

Một ngày đêm tính theo đồng hồ trên Trái Đất:

$$T = T_0(1 + \frac{1}{2}\frac{v}{c}) = 86400 + 58{,}75 \,.\, 10^{-6}\text{s.}$$

Chú ý: Thời gian chỉ dài hơn cỡ 59μs, nhưng có thể phát hiện bằng đồng hồ nguyên tử có độ chính xác tới 10^{-10}.

7. Đối với phi công thì khoảng cách từ Trái Đất đến ngôi sao A co lại chỉ còn bằng $l = l_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = 10\,.0{,}6 = 6$ (năm ánh sáng)

Phi công chuyển động với tốc độ v = 0,8c thì mất $\frac{6}{0{,}8} = 7{,}5$ năm.

Vậy tuổi của phi công lúc tới ngôi sao A là 32,5 tuổi.

Theo đồng hồ Trái Đất thì con tàu đi khoảng cách 10 năm ánh sáng mất $\frac{10}{0{,}8} = 12{,}5$ năm.

Theo đồng hồ của người em thì sau 12,5 năm, người anh đánh tín hiệu. Vì tín hiệu vô tuyến truyền đi bằng tốc độ ánh sáng nên sau 10 năm thì tín hiệu tới Trái Đất, nghĩa là người em nhận tín hiệu 22,5 năm sau khi tàu xuất phát. Năm đó người em 47,5 tuổi.

Bài 51 HỆ THỨC ANH-XTANH GIỮA KHỐI LƯỢNG VÀ NĂNG LƯỢNG

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Khối lượng tương đối tính

Trong thuyết tương đối, động lượng tương đối tính của một vật chuyển động với vận tốc $\vec{v}$ được định nghĩa bằng: $\vec{p} = m\vec{v} = \dfrac{m_0}{\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}}\vec{v}$.

Đại lượng $m = \dfrac{m_0}{\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}}$ gọi là khối lượng tương đối tính của vật, đó là khối lượng của vật khi chuyển động với tốc độ v; m_0 gọi là khối lượng nghỉ (còn gọi là khối lượng tĩnh) của vật, đó là khối lượng của vật khi nó đứng yên. Khối lượng của một vật có tính tương đối, giá trị của nó phụ thuộc hệ quy chiếu.

2. Hệ thức giữa năng lượng và khối lượng

Thuyết tương đối đã thiết lập hệ thức rất quan trọng sau đây giữa năng lượng toàn phần và khối lượng của một vật (hoặc một hệ vật): $E = mc^2 = \dfrac{m_0}{\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}}c^2$.

Hệ thức này được gọi là hệ thức Anh-xtanh.

Theo hệ thức này, khi vật có khối lượng m thì nó cũng có một năng lượng E, và ngược lại, khi vật có năng lượng E thì nó có khối lượng tương ứng là m. Hai đại lượng này luôn tỉ lệ với nhau với hệ số tỉ lệ là c^2: Năng lượng = khối lượng × c^2.

Khi năng lượng thay đổi lượng ΔE thì khối lượng cũng thay đổi một lượng Δm tương ứng và ngược lại. Ta có: $\Delta E = \Delta m.c^2$.

Các trường hợp riêng:

+ Khi v = 0 thì $E = E_0 = m_0c^2$. Trong đó E_0 được gọi là năng lượng nghỉ (ứng với khi vật đứng yên).

+ Khi v << c (với các trường hợp của cơ học cổ điển), hay $\dfrac{v}{c} << 1$, ta có:

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}} \approx 1 + \frac{1}{2}\frac{v^2}{c^2} \text{ và do đó } E \approx m_0c^2 + \frac{1}{2}m_0v^2$$

Khi vật chuyển động, năng lượng toàn phần của nó bao gồm năng lượng nghỉ và động năng của vật. Theo thuyết tương đối, thì đối với hệ kín, khối lượng nghỉ và năng lượng nghỉ tương ứng không nhất thiết được bảo toàn, nhưng vẫn có định luật bảo toàn của năng lượng toàn phần E, bao gồm năng lượng nghỉ và động năng.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Chứng tỏ rằng khối lượng nghỉ của phôtôn bằng 0.
2. Một hạt có động năng bằng năng lượng nghỉ của nó. Tính tốc độ của hạt.

3. a) Tính năng lượng nghỉ của 1 kg thép đứng yên.

b) Nung nóng thêm 1000^0C thì năng lượng toàn phần tăng thêm bao nhiêu biết nhiệt dung của thép là 460 J/kg độ ; độ tăng tương đối có đáng kể hay không?

c) Độ tăng tương đối của năng lượng toàn phần có đáng kể hay không nếu truyền cho cục thép vận tốc $v = 1000$ km/s?

4. a) Tìm biểu thức tính tốc độ của một êlectron được tăng tốc bởi hiệu điện thế U.

b) Tìm biểu thức tính động năng của một êlectron có động lượng là p.

c) Tìm biểu thức tính tốc độ của một êlectron có động lượng là p.

5. Một hạt có động lượng tương đối tính gấp 2 lần động lượng cổ điển (tính theo cơ học Niu-tơn). Tính tốc độ của hạt đó.

6. Tính động lượng của một hạt có khối lượng nghỉ m_0 và động năng $W_đ$.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Khối lượng nghỉ của phôtôn: $m_{0ph} = m_{ph}\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$.

Đối với phôtôn thì $v = c \Rightarrow m_{0ph} = 0$.

2. Ta có $E = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}c^2 = m_0c^2 + \frac{1}{2}m_0v^2$.

Với $m_0c^2 = \frac{1}{2}m_0c^2 \Rightarrow E = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}c^2 = 2m_0c^2$

$\Rightarrow 2\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = 1 \Rightarrow v = \frac{\sqrt{3}}{2}c = \frac{\sqrt{3}}{2}.3.10^8 \approx 2,6.10^8$m/s.

3. a) Năng lượng nghỉ $E_0 = mc^2 = (3.10^8)^2 = 9.10^{16}$J

b) Nhiệt năng mà cục thép thu được sau khi tăng nhiệt độ:

$$\Delta E = mc\Delta t = 1.460.10^3 = 4,6.10^5 \text{ J}.$$

Năng lượng toàn phần $E = E_0 + \Delta E = (9.10^{16} + 4,6.10^5)$ J.

Độ tăng tương đối $\frac{\Delta E}{E_0} = \frac{460.10^3}{9.10^{16}} \approx 5.10^{-12}$ (không đáng kể)

c) Khi cục thép chuyển động với tốc độ $v = 10^5$ m/s.

Động năng là: $W_đ = \frac{mv^2}{2} = 5.10^{11}$ J

$\frac{\Delta E}{E_0} = \frac{5.10^{11}}{9.10^{16}} = 5,5\cdot10^{-5}$ (không đáng kể).

4. a) Ta có: $W_đ = \left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - 1\right)m_0c^2 = eU$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = 1 + \frac{eU}{mc^2} \Rightarrow \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = \frac{1}{1+\frac{eU}{mc^2}}$$

⇒ Biểu thức tính tốc độ: $v = \sqrt{1 - \frac{1}{(1 + \frac{eU}{mc^2})^2}}.c$

b) Theo hệ thức Anh-xtanh thì:

Năng lượng $E = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ và động lượng $p = \frac{m_0v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

$$\Rightarrow \left(\frac{E}{c}\right)^2 = \frac{m^2c^2}{1 - \frac{v^2}{c^2}} + m^2c^2 = p^2 + (mc)^2.$$

Động năng: $W_đ = E - m_0c^2 = c\sqrt{p^2 + m^2c^2} - m_0c^2$.

c) Ta có: $p = \frac{m_0v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow \frac{p}{m_0c} = \frac{\frac{v}{c}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

$$\Rightarrow \frac{m^2c^2}{p^2} = \frac{1 - \frac{v^2}{c^2}}{\frac{v}{c}} = \frac{1}{\frac{v^2}{c^2}} - 1 \Leftrightarrow \frac{1}{\frac{v^2}{c^2}} = \frac{(mc)^2}{p^2} + 1$$

$$\Rightarrow \frac{v^2}{c^2} = \frac{p^2}{m^2c^2 + p^2} \text{ hay } \frac{v}{c} = \frac{p}{\sqrt{m^2c^2 + p^2}} \Rightarrow v = \frac{pc}{\sqrt{m^2c^2 + p^2}}.$$

5. Động lượng tương đối tính và động lượng cổ điển lần lượt là:

$$p = \frac{m_0v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ và } p' = m_0v$$

Ta có: $p = 2p' \Leftrightarrow \frac{m_0v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 2m_0v$

$$\Leftrightarrow \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{v}{c} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \text{tốc độ của hạt: } v = \frac{\sqrt{3}c}{2}.$$

6. Theo hệ thức Anh-xtanh thì:

Năng lượng $E = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ và động lượng $p = \frac{m_0v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

$$\Rightarrow \left(\frac{E}{c}\right)^2 = \frac{m^2c^2}{1 - \frac{v^2}{c^2}} + m^2c^2 = p^2 + (mc)^2.$$

$$\Rightarrow \frac{E}{c} = \sqrt{p^2 + m^2c^2} \Rightarrow E = W_d + m_0c^2 = c\sqrt{p^2 + m^2c^2}$$

$$\Leftrightarrow \left(\frac{W_d}{c} + mc\right)^2 + 2mK = p^2 \Rightarrow \text{Động lượng } p = \sqrt{\left(\frac{W_d}{c}\right)^2 + 2mW_d}$$

CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM ÔN TẬP CUỐI CHƯƠNG

1. Theo cơ học cổ điển, những đại lượng nào của vật không thay đổi trong các hệ quy chiếu khác nhau, dù là đứng yên hay chuyển động?

A. Thời gian xảy ra hiện tượng, kích thước và gia tốc của vật.

B. Khối lượng, kích thước và vận tốc của vật.

C. Thời gian xảy ra hiện tượng, khối lượng và kích thước của vật.

D. Toạ độ, vận tốc và gia tốc của vật.

2. Phát biểu nào sau đây **đúng** với nguyên lí tương đối của Anh-xtanh?

A. Trong các hệ quy chiếu quán tính, vận tốc của vật là đại lượng bất biến.

B. Hiện tượng vật lí diễn ra như nhau trong các hệ quy chiếu quán tính.

C. Trong một hệ quy chiếu quán tính, kích thước của một vật có thể thay đổi.

D. Trong các hệ quy chiếu quán tính khác nhau, thời gian xảy ra một hiện tượng có thể có giá trị rất khác nhau.

3. Theo nguyên lý bất biến của vận tốc ánh sáng của Anh-xtanh thì vận tốc của ánh sáng trong chân không luôn:

A. có cùng độ lớn bằng c trong mọi hệ quy chiếu quán tính.

B. phụ thuộc vào phương truyền ánh sáng.

C. phụ thuộc vào vận tốc của nguồn sáng hay máy thu.

D. có độ lớn khác nhau trong các hệ quy chiếu quán tính khác nhau.

4. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Giá trị vận tốc lớn nhất của các hạt vật chất trong tự nhiên bằng vận tốc của ánh sáng trong chân không.

B. Theo nguyên lý về sự bất biến của vận tốc ánh sáng của Anh-xtanh thì vận tốc ánh sáng trong chân không có cùng độ lớn bằng c trong mọi hệ quy chiếu quán tính, không phụ thuộc vào phương truyền và vào vận tốc của nguồn sáng hay máy thu.

C. Theo cơ học cổ điển thì thời gian xảy ra một hiện tượng, kích thước và khối lượng của một vật đều có trị số như nhau trong mọi hệ quy chiếu.

D. Theo nguyên lý tương đối của Anh-xtanh thì hiện tượng vật lý diễn ra như nhau trong các hệ quy chiếu.

5. Thông tin nào sau đây thể hiện tính tương đối của không gian theo quan điểm của Anh-xtanh?

A. Trong quá trình chuyển động, kích thước của vật luôn thay đổi.

B. Khi nhiệt độ giảm, kích thước của một vật sẽ bị co lại.

C. Mọi vật đều có xu hướng bị co lại.

D. Độ dài một thanh bị co lại dọc theo phương chuyển động của nó.

6. Theo thuyết tương đối của Anh-xtanh thì thời gian có tính tương đối. Cụ thể là:

A. đồng hồ gắn với quan sát viên chuyển động, chạy chậm hơn đồng hồ gắn với quan sát viên đứng yên.

B. đồng hồ gắn với quan sát viên chuyển động, chạy nhanh hơn đồng hồ gắn với quan sát viên đứng yên.

C. trong các hệ quy chiếu khác nhau thì mọi đồng hồ đều chạy như nhau.

D. mọi đồng hồ đo thời gian đều có thể chạy nhanh hay chậm khác nhau.

7. Một thanh có độ dài riêng l_0 chuyển động với vận tốc v dọc theo trục tọa độ của hệ quán tính đứng yên. Nếu gọi c là vận tốc ánh sáng trong chân không thì độ dài l của thanh trong hệ quy chiếu đó xác định bởi biểu thức:

A. $l = l_0(1 - \frac{v^2}{c^2})$. B. $l = l_0\sqrt{c^2 - \frac{1}{v^2}}$. C. $l = l_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$. D. $l = l_0\sqrt{1 - \frac{v}{c}}$.

8. Gọi c là vận tốc ánh sáng trong chân không. Giá trị vận tốc lớn nhất của các hạt vật chất là:

A. $v_{max} = 2c$. B. $v_{max} = 4c$. C. $v_{max} = \sqrt{2}$. D. $v_{max} = c$.

9. Một thanh dài chuyển động với vận tốc v dọc theo trục tọa độ của một hệ quy chiếu K. Trong hệ quy chiếu này, độ dài của thanh sẽ bị co lại theo tỉ lệ là:

A. $\frac{1}{\sqrt{c}}\sqrt{c^2 - v^2}$. B. $\frac{1}{c}\sqrt{c^2 - v^2}$. C. $\frac{1}{c}\sqrt{c - v}$. D. $\frac{1}{c}\sqrt{c + v}$.

10. Một thanh dài chuyển động với vận tốc $v = \frac{1}{5}c$ dọc theo trục tọa độ của một hệ quy chiếu K. Trong hệ quy chiếu này, so với độ dài ban đầu thì độ dài của thanh sẽ bị co lại:

A. $\frac{5}{2\sqrt{6}}$ lần. B. $\frac{1}{5}$ lần. C. $\frac{1}{25}$ lần. D. $\frac{2\sqrt{6}}{5}$ lần.

11. Một biến cố xảy ra tại một điểm cố định M trong thời gian Δt_0 của hệ quán tính K, chuyển động với vận tốc v đối với hệ quán tính K'. Gọi Δt là thời gian xảy ra biến cố tính với đồng hồ trong hệ K' thì biểu thức nào sau đây là **đúng**:

A. $\Delta t_0 = \Delta t\sqrt{\frac{c}{v} - 1}$. B. $\Delta t_0 = \Delta t(1 - \frac{v^2}{c^2})$.

C. $\Delta t_0 = \Delta t\sqrt{1 + \frac{v^2}{c^2}}$. D. $\Delta t_0 = \Delta t\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$.

12. Trong thuyết tương đối, khối lượng tương đối tính m của vật chuyển động với vận tốc v, nhỏ hơn khối lượng nghỉ m_0 của nó:

A. $\sqrt{1 + \frac{v^2}{c^2}}$ lần. B. $\sqrt{1 + \frac{v}{c}}$ lần. C. $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ lần. D. $\sqrt{1 + \frac{v^2}{c^2}}$ lần.

13. Theo thuyết tương đối, khối lượng tương đối tính và khối lượng nghỉ của vật chỉ bằng nhau khi:

A. vật đứng yên.

B. vật chuyển động trên đường thẳng với vận tốc của vật rất nhỏ.

C. vận tốc của vật rất lớn.

D. vận tốc của vật bằng vận tốc ánh sáng trong chân không.

14. Theo thuyết tương đối của Anh-xtanh thì đại lượng nào sau đây là bất biến?
A. Khối lượng của một vật chuyển động. B. Thời gian xảy ra một biến cố.
C. Vận tốc ánh sáng trong chân không.
D. Chiều dài của một vật tính theo phương chuyển động.

15. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?
Theo thuyết tương đối của Anh-xtanh thì:
A. giá trị khối lượng của một vật phụ thuộc vào cách chọn hệ quy chiếu.
B. khối lượng và năng lượng thực chất chỉ là một, biết khối lượng thì ta suy được năng lượng và ngược lại.
C. không có vật nào có thể chuyển động với vận tốc bằng vận tốc ánh sáng trong chân không.
D. cả không gian và thời gian đều có tính tương đối.

16. Một vật có khối lượng nghỉ m_0 chuyển động với vận tốc v thì năng lượng toàn phần của vật là:

A. $E = \frac{m_0}{\sqrt{c^2 - v^2}}c^3$. B. $E = \frac{m_0}{\sqrt{1 + \frac{v^2}{c^2}}}c^2$. C. $E = m_0v$. D. $E = m_0v^2$.

17. Một vật có khối lượng nghỉ m_0 chuyển động với vận tốc $v << c$. Biểu thức nào sau đây là **đúng**?

A. $E \approx \frac{1}{2}(m_0c^2 + m_0v^2)$ B. $E \approx m_0c^2 + \frac{1}{2}m_0v^2$.

C. $E \approx m_0c^2 - \frac{1}{2}m_0v^2$. D. $E \approx \frac{1}{2}m_0c^2 + m_0v^2$.

18. Nếu một hạt có khối lượng nghỉ m_0 chuyển động với vận tốc rất lớn thì hệ thức giữa năng lượng E và động lượng p của vật là:
A. $E^2 = m_0^2c^4 + p^2c^2$. B. $E^2 = m_0c^2 + p^2c^4$.
C. $E^2 = m_0^2c^4 + pc^2$. D. $E^2 = m_0c^4 + p^2c^2$.

19. Theo thuyết tương đối, khi vật chuyển động thì năng lượng toàn phần của nó bao gồm:
A. phần năng lượng đã chuyển hoá thành nhiệt làm nóng môi trường xung quanh.
B. động năng của các phân tử cấu tạo nên vật.
C. động năng và thế năng của vật.
D. năng lượng nghỉ và động năng của vật.

20. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?
A. Trong cơ học cổ điển, khối lượng dùng trong các phương trình cơ học có trị số gần đúng bằng khối lượng nghỉ.
B. Theo thuyết tương đối thì khối lượng nghỉ và năng lượng nghỉ tương ứng không nhất thiết bảo toàn, chỉ có năng lượng toàn phần mới bảo toàn.
C. Các vật có khối lượng nghỉ nhỏ đều có thể chuyển động với vận tốc bằng vận tốc ánh sáng trong chân không.
D. Theo vật lý học cổ điển, trong một hệ cô lập thì khối lượng và năng lượng (thông thường) của nó được bảo toàn.

HƯỚNG DẪN TRẢ LỜI

1. Theo cơ học cổ điển thì thời gian xảy ra hiện tượng, khối lượng và kích thước của vật không thay đổi trong các hệ quy chiếu khác nhau. **Chọn C**

2. Phát biểu đúng: Hiện tượng vật lí diễn ra như nhau trong các hệ quy chiếu quán tính. **Chọn B**

3. Theo nguyên lý bất biến của vận tốc ánh sáng của Anh-xtanh thì vận tốc của ánh sáng trong chân không luôn có cùng độ lớn bằng c trong mọi hệ quy chiếu quán tính. **Chọn A**
4. Câu sai: Theo nguyên lý tương đối của Anh-xtanh thì hiện tượng vật lý diễn ra như nhau trong các hệ quy chiếu. **Chọn D**
5. Thông tin thể hiện tính tương đối của không gian: Độ dài một thanh bị co lại dọc theo phương chuyển động của nó. **Chọn D**
6. Theo thuyết tương đối của Anh-xtanh thì thời gian có tính tương đối. Cụ thể là đồng hồ gắn với quan sát viên chuyển động, chạy chậm hơn đồng hồ gắn với quan sát viên đứng yên. **Chọn A**
7. Biểu thức: $l = l_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$. **Chọn C**
8. Giá trị vận tốc lớn nhất của các hạt vật chất là $v_{max} = c$. **Chọn D**
9. Độ dài của thanh sẽ bị co lại theo tỉ lệ là $\frac{1}{c}\sqrt{c^2 - v^2}$. **Chọn B**
10. Trong hệ quy chiếu K, so với độ dài ban đầu thì độ dài của thanh sẽ bị co lại $\frac{5}{2\sqrt{6}}$ lần. **Chọn A**
11. Biểu thức đúng: $\Delta t_0 = \Delta t\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$. **Chọn D**
12. Khối lượng tương đối tính m của vật chuyển động với vận tốc v, nhỏ hơn khối lượng nghỉ m_0 của nó $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ lần. **Chọn C**
13. Theo thuyết tương đối, khối lượng tương đối tính và khối lượng nghỉ của vật chỉ bằng nhau khi vận tốc của vật bằng không. **Chọn A**
14. Theo thuyết tương đối của Anh-xtanh thì vận tốc ánh sáng trong chân không là bất biến. **Chọn C**
15. Câu sai: Theo thuyết tương đối của Anh-xtanh thì khối lượng và năng lượng thực chất chỉ là một, biết khối lượng thì ta suy được năng lượng và ngược lại. **Chọn B**
16. Một vật có khối lượng nghỉ m_0 chuyển động với vận tốc v thì năng lượng toàn phần của vật là $E = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}c^2$. **Chọn A**
17. Biểu thức đúng: $E \approx m_0c^2 + \frac{1}{2}m_0v^2$. **Chọn B**
18. Hệ thức giữa năng lượng E và động lượng p: $E^2 = m_0^2c^4 + p^2c^2$. **Chọn A**
19. Theo thuyết tương đối, khi vật chuyển động thì năng lượng toàn phần của nó bao gồm năng lượng nghỉ và động năng của vật. **Chọn D**
20. Câu sai: Các vật có khối lượng nghỉ nhỏ đều có thể chuyển động với vận tốc bằng vận tốc ánh sáng trong chân không. **Chọn C**

Chương IX. HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ

Bài 52 CẤU TẠO CỦA HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ. ĐỘ HỤT KHỐI

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Cấu tạo hạt nhân. Nuclôn

- Hạt nhân được cấu tạo từ những hạt nhỏ hơn, gọi là nuclôn.

Có hai loại nuclôn:

* Prôtôn, kí hiệu p, có khối lượng $m_p = 1,67262.10^{-27}$kg, mang một điện tích nguyên tố dương +e.

* Nơtron, kí hiệu n, có khối lượng $m_n = 1,67493.10^{-27}$kg, không mang điện. Prôtôn chính là hạt nhân nguyên tử hiđrô.

– Số prôtôn trong hạt nhân bằng số thứ tự Z của nguyên tử trong bảng tuần hoàn Men-đê-lê-ép và được gọi là nguyên tử số (còn gọi là điện tích hạt nhân, có giá trị bằng số điện tích nguyên tố trong hạt nhân).

Tổng số các nuclôn trong hạt nhân gọi là số khối, kí hiệu A.

– Số nơtron trong hạt nhân là : N = A – Z.

- Hạt nhân nguyên tử của nguyên tố có kí hiệu hoá học X được kí hiệu là ${}_Z^AX$. Nhiều khi, để cho gọn, ta chỉ cần ghi số khối, vì kí hiệu hoá học đã xác định Z rồi.

- Nếu coi hạt nhân nguyên tử như một quả cầu bán kính R thì R phụ thuộc số khối theo công thức gần đúng: $R = 1,2.10^{-15}A^{\frac{1}{3}}(m)$

2. Đồng vị

Đồng vị là những nguyên tử mà hạt nhân chứa cùng số prôtôn Z, nhưng có số nơtron N khác nhau. Các đồng vị còn chia làm hai loại: đồng vị bền và đồng vị phóng xạ. Trong thiên nhiên có khoảng gần 300 đồng vị bền; ngoài ra còn có vài nghìn đồng vị phóng xạ tự nhiên và nhân tạo.

3. Đơn vị khối lượng nguyên tử

Một đơn vị u có giá trị bằng $\frac{1}{12}$ khối lượng của đồng vị cacbon ${}_6^{12}C$ (còn gọi là đơn vị cacbon): $1u = \frac{1}{12}.\frac{12}{6,022.10^{23}}g \approx 1,66055.10^{-27}kg$.

Khối lượng của một nuclôn xấp xỉ bằng u. Nói chung, một nguyên tử có số khối A thì khối lượng của nó xấp xỉ bằng A.u.

- Hệ thức Anh-xtanh $E = mc^2$ hay $m = \frac{E}{c^2}$ chứng tỏ rằng khối lượng còn có thể đo bằng đơn vị của năng lượng chia cho c^2, cụ thể là có thể đo bằng eV/c^2 hoặc MeV/c^2. Ta có : $1u = 931,5MeV/c^2$.

4. Năng lượng liên kết

a) Lực hạt nhân

Lực tương tác giữa các nuclôn trong hạt nhân là lực hút, gọi là lực hạt nhân, có tác dụng liên kết các nuclôn với nhau. Lực hạt nhân không phải là lực tĩnh điện, nó không phụ thuộc vào điện tích của nuclôn. Lực hạt nhân có cường độ rất lớn (gọi là lực tương tác mạnh) và chỉ tác dụng khi hai nuclôn cách nhau một khoảng rất ngắn, bằng hoặc nhỏ hơn kích thước của hạt nhân (khoảng 10^{-15} m).

b) Độ hụt khối. Năng lượng liên kết

Khối lượng m của hạt nhân ${}_{Z}^{A}X$ bao giờ cũng nhỏ hơn tổng khối lượng các nuclôn tạo thành hạt nhân đó, một lượng Δm bằng:

$$\Delta m = [Zm_p + (A - Z)m_n] - m$$

Δm được gọi là độ hụt khối của hạt nhân.

Theo thuyết tương đối, hệ các nuclôn ban đầu có năng lượng $E_0 = [Zm_p + (A - Z)m_n]c^2$ còn hạt nhân được tạo thành từ chúng thì có năng lượng $E = mc^2 < E_0$. Vì năng lượng toàn phần được bảo toàn, nên đã có một lượng năng lượng $\Delta E = E_0 - E = \Delta m.c^2$ toả ra khi hệ các nuclôn tạo nên hạt nhân.

Ngược lại, nếu muốn tách hạt nhân đó thành các nuclôn riêng rẽ, có tổng khối lượng $Zm_p + (A - Z)m_n > m$, thì ta phải tốn năng lượng $\Delta E = \Delta m.c^2$ để thắng lực tương tác giữa chúng.

Đại lượng $\Delta E = \Delta m.c^2$ gọi là năng lượng liên kết hạt nhân.

Năng lượng liên kết tính cho một nuclôn ($\frac{\Delta E}{A}$) gọi là năng lượng liên kết riêng, đặc trưng cho sự bền vững của hạt nhân.

Hạt nhân có năng lượng liên kết riêng càng lớn thì càng bền vững.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Hạt nhân nguyên tử được cấu tạo như thế nào ? Tìm số prôtôn và nơtrôn trong các hạt nhân sau : ${}_{92}^{238}U$; ${}_{86}^{222}Ra$; ${}_{7}^{12}N$; ${}_{84}^{209}Po$
2. Đồng vị là gì ? Cho một số ví dụ về đồng vị.
3. Nitơ tự nhiên có khối lượng nguyên tử m = 14,0067 u và gồm hai đồng vị chính là N14 có khối lượng nguyên tử m_1 = 14,00307u, và N15 có khối lượng nguyên tử m_2 = 15,00011u. Tính ra % tỉ lệ hai đồng vị ấy trong nitơ tự nhiên.
4. Hạt nhân đơteri có khối lượng 2,0136u. Tính năng lượng liên kết của nó.
5. Hạt nhân α có khối lượng 4,0015 u. Tính năng lượng toả ra khi tạo thành 1 mol heli. Cho biết $N_A = 6,022.10^{23}$ mol^{-1}.
6. Hạt nhân ${}_{92}^{235}U$ có năng lượng liên kết riêng bằng bao nhiêu? Trình bày cách tính năng lượng liên kết riêng đó.
7. Cho hai hạt nhân ${}_{10}^{20}Ne$ và ${}_{2}^{4}He$ lần lượt có khối lượng là :

   19,986950u và 4,001506u.

   Biết m_P = 1,007276u, m_n = 1,008665u, u = 931,5 MeV/c^2.

   Hỏi hạt nhân nào bền vững hơn ?

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Hạt nhân được cấu tạo từ những hạt nhỏ hơn, là prôtôn và nơtrôn (gọi chung là nuclôn). Prôtôn (p) có khối lượng $m_p = 1,67262.10^{-27}$kg, mang một điện tích nguyên tố dương +e; nơtrôn (n) có khối lượng $m_n = 1,67493.10^{-27}$kg, không mang điện.

   $^{238}_{92}U$ có Z = 92 prôtôn và A – Z = 146 nơtrôn.

   $^{222}_{86}Ra$ có Z = 86 prôtôn và A – Z = 136 nơtrôn.

   $^{12}_{7}N$ có Z = 7 prôtôn và A – Z = 5 nơtrôn.

   $^{209}_{84}Po$ có Z = 84 prôtôn và A – Z = 125 nơtrôn.

2. Đồng vị là những nguyên tử mà hạt nhân chứa cùng số prôtôn Z, nhưng có số nơtron N khác nhau.

   Ví dụ:

   – Hiđrô có 3 đồng vị là ^1_1H ; ^2_1H và ^3_1H.

   – Cacbon có 4 đồng vị là $^{11}_6C$; $^{12}_6C$; $^{13}_6C$ và $^{14}_6C$.

   – Urani có hai đồng vị chính là $^{235}_{92}U$ và $^{238}_{92}U$.

3. Nếu trong 100 nguyên tử N tự nhiên có x nguyên tử N14 và 100 – x nguyên tử N15 thì ta có : $xm_1 + (100 - x)m_2 = 100m$

   Thay số ta tính được 99,64% N14 và 0,36% N15.

4. Hạt nhân đơteri có 1 prôtôn và 1 nơtrôn. Tổng khối lượng của 1 prôtôn và 1 nơtrôn riêng lẻ là:

   $$m = 1,007276u + 1,008665u = 2,015941u.$$

   Độ hụt khối: $\Delta m = 2,015941u - 2,0136u = 0,002341u$.

   Năng lượng liên kết: $\Delta E = 0,002341.931,5 = 2,18MeV$.

5. Hạt nhân α có 2 prôtôn và 2 nơtrôn. Tổng khối lượng của 2 prôtôn và 2 nơtrôn riêng lẻ là:

   $$m = 2(1,007276u + 1,008665u) = 4,031882u.$$

   Độ hụt khối : $\Delta m = 4,031882u - 4,0015u = 0,030382u$

   Năng lượng toả ra khi tạo thành một hạt hêli:

   $$\Delta E = 0,030382.931,5 = 28,3 \text{ MeV}.$$

   Năng lượng toả ra khi tạo thành một mol hạt hêli:

   $$E = N_A.\Delta E = 6,022.10^{23}.28,3 = 1,7.10^{25} \text{ MeV} = 2,72.10^{12}\text{J}.$$

6. Urani ($^{235}_{92}U$) có Z = 92 prôtôn và N = 143 nơtrôn.

   Tổng khối lượng các nuclôn là $m_0 = Zm_P + Nm_n$.

   Độ hụt khối: $\Delta m = m_0 - m_U$.

   Năng lượng liên kết hạt nhân: $\Delta E_U = \Delta m c^2$.

   Năng lượng liên kết riêng: $\Delta E_0 = \dfrac{\Delta E}{A}$.

   Các phép tính cho kết quả: $\Delta E_0 \approx 7,7$ MeV.

7. Độ hụt khối của hai hạt nhân $^{20}_{10}Ne$ và $^{4}_{2}He$ lần lượt là :

$$\Delta m_{Ne} = 10(m_p + m_n) - m_{Ne} = 0,17246u$$

$$\Delta m_{He} = 2\left(m_p + m\right) - m_{He} = 0,030376u$$

Năng lượng liên kết riêng của hai hạt, lần lượt là :

$$\Delta E_{Ne} = \frac{\Delta m_{Ne}.c^2}{A_{Ne}} = \frac{0,17246.931,5}{20} = 0,008623.931,5$$

$$\Delta E_{He} = \frac{\Delta m_{He}.c^2}{A_{He}} = \frac{0,030376.931,5}{4} = 0,007594.931,5$$

Ta nhận thấy rằng $\Delta E_{Ne} > \Delta E_{He} \Rightarrow$ hạt nhân nêon bền vững hơn.

Bài 53

PHÓNG XẠ

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Hiện tượng phóng xạ

– Hiện tượng một hạt nhân tự phát phân rã (phân hủy), phát ra các tia phóng xạ và biến đổi thành hạt nhân khác được gọi là hiện tượng phóng xạ. Quá trình phân rã phóng xạ chỉ do các nguyên nhân bên trong gây ra và hoàn toàn không phụ thuộc vào các tác động bên ngoài như nhiệt độ, áp suất ...

– Người ta quy ước gọi hạt nhân phóng xạ là hạt nhân mẹ và hạt nhân sản phẩm phân rã là hạt nhân con.

2. Các tia phóng xạ

a) Các loại tia phóng xạ

Khảo sát tia phóng xạ do các chất phóng xạ phát ra, người ta thấy có ba loại tia phóng xạ chính, có bản chất khác nhau là tia anpha (α), tia bêta (β) và tia gamma (γ). Ta có thể phân loại các quá trình phân rã phóng xạ thành ba loại, tương ứng với sự phóng ra ba loại tia phóng xạ đó.

b) Bản chất các loại tia phóng xạ

– Tia α là các hạt nhân của nguyên tử heli (kí hiệu $^{4}_{2}He$, còn gọi là hạt α), được phóng ra từ hạt nhân với tốc độ khoảng 2.10^7m/s. Tia α làm ion hoá mạnh các nguyên tử trên đường đi của nó và mất năng lượng rất nhanh. Vì vậy, tia α chỉ đi được tối đa khoảng 8cm trong không khí và không xuyên qua được tờ bìa dày 1 mm.

– Tia β là các hạt phóng ra với vận tốc rất lớn, có thể đạt xấp xỉ bằng vận tốc ánh sáng. Tia β cũng làm ion hoá môi trường nhưng yếu hơn so với tia α. Vì vậy tia β có thể đi được quãng đường dài hơn, tới hàng trăm mét trong không khí và có thể xuyên qua được lá nhôm dày cỡ vài milimet.

Có hai loại tia β:

+ Loại phổ biến là tia β^-. Đó chính là các êlectron (kí hiệu $_{-1}^{0}e$). Ví dụ đồng vị phóng xạ cacbon $_{6}^{14}C$ phân rã β^-.

+ Loại hiếm hơn, là tia β^+. Đó chính là các pôzitrôn, hay êlectron dương (kí hiệu $_{+1}^{0}e$), có cùng khối lượng như êlectron, nhưng mang điện tích nguyên tố dương.

– Tia γ là sóng điện từ có bước sóng rất ngắn (dưới 10^{-11}m), cũng là hạt pôzitrôn có năng lượng cao. Vì vậy tia γ có khả năng đâm xuyên lớn hơn nhiều so với tia α và β.

3. Định luật phóng xạ. Độ phóng xạ

a) Định luật phóng xạ

Trong quá trình phân rã, số hạt nhân phóng xạ giảm với thời gian theo định luật hàm số mũ với số mũ âm.

Các công thức: $N(t) = N_0e^{-\lambda t}$ và $m(t) = m_0e^{-\lambda t}$.

Đại lượng $\lambda = \frac{0,693}{T}$ gọi là hằng số phóng xạ.

Đại lượng T gọi là chu kì bán rã của chất phóng xạ. Cứ sau mỗi khoảng thời gian T thì một nửa số hạt nhân hiện có bị phân rã, biến đổi thành hạt nhân khác.

b) Độ phóng xạ

Độ phóng xạ là đặc trưng cho tính phóng xạ mạnh hay yếu của một lượng chất phóng xạ, được xác định bằng số phân rã trong một giây.

Đơn vị đo độ phóng xạ là becơren (Bq): 1Bq bằng 1 phân rã/giây.

Trong thực tế, người ta còn dùng một đơn vị khác là curi (Ci):

1 Ci = $3,7.10^{10}$Bq, xấp xỉ bằng độ phóng xạ của một gam rađi.

– Độ phóng xạ của một lượng chất phóng xạ tại thời điểm t bằng tích của hằng số phóng xạ và số lượng hạt nhân phóng xạ chứa trong lượng chất phóng xạ đó ở thời điểm đó: $H = \lambda N$.

– Độ phóng xạ của một lượng chất phóng xạ cũng giảm theo thời gian theo cùng quy luật hàm số mũ: $H = H_0e^{-\lambda t}$.

4. Đồng vị phóng xạ và các ứng dụng

a) Đồng vị phóng xạ

Ngoài các đồng vị phóng xạ có sẵn trong thiên nhiên (đồng vị phóng xạ tự nhiên), người ta cũng đã chế tạo được nhiều đồng vị phóng xạ (đồng vị phóng xạ nhân tạo). Các đồng vị phóng xạ nhân tạo thường thấy thuộc loại phân rã β và γ. Người ta đã tạo ra được nhiều đồng vị phóng xạ mới cho các nguyên tố hoá học trong Bảng tuần hoàn Men-đê-lê-ép. Các đồng vị phóng xạ của một nguyên tố hoá học có cùng tính chất hoá học như đồng vị bền của nguyên tố đó.

b) Các ứng dụng của đồng vị phóng xạ

Các đồng vị phóng xạ tự nhiên hoặc nhân tạo có những ứng dụng rất đa dạng.

– Trước hết, phải kể đến ứng dụng của chúng trong y học. Người ta đưa các đồng vị phóng xạ khác nhau vào trong cơ thể để theo dõi sự thâm nhập và di chuyển của các nguyên tố nhất định trong cơ thể, chúng được gọi là nguyên tử đánh dấu. Nhờ phương pháp nguyên tử đánh dấu, người ta có thể biết được chính xác nhu cầu với các nguyên tố khác nhau của cơ thể trong từng thời kì phát triển của nó và tình trạng bệnh lí của các bộ phận khác nhau của cơ thể, khi thừa hoặc thiếu những nguyên tố nào đó.

– Các nhà khảo cổ học đã sử dụng phương pháp xác định tuổi theo lượng cácbon 14 để xác định niên đại của các cổ vật khai quật được. Đó là phương pháp vận dụng sự phóng xạ của cacbon ${}^{14}C$.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Hãy chỉ rõ loại phóng xạ trong các phản ứng sau:

a) ${}^{209}_{84}Po \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{205}_{82}Pb$ b) ${}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e$

c) ${}^{12}_{7}N \rightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{0}_{1}e$ d) ${}^{239}_{94}Pu \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{235}_{92}U$

2. Viết phản ứng của các hiện tượng phóng xạ sau :

a) Cacbon C14 phóng xạ β^-.   b) Cacbon C11 phóng xạ β^+.

3. Trong phòng thí nghiệm, chỉ cần dùng những dụng cụ đơn giản sẵn có : một tấm phim ảnh, một tấm kim loại dày và một tấm bìa cáctông dày, có thể phát hiện được một chất phóng xạ đang phóng xạ loại gì: α, β hay γ. Hãy nêu phương án thực hiện.

4. Trong ngành khảo cổ học, có một phương pháp rất chính xác để xác định tuổi của những di vật gốc sinh vật gọi là phương pháp dùng Cácbon C14. Nội dung cơ bản của phương pháp đó là gì?

5. Chất phóng xạ pôlôni ${}^{210}_{84}Po$ phóng ra tia α và biến thành chì ${}^{206}_{82}Pb$. Hỏi trong 0,168g pôlôni có bao nhiêu nguyên tử bị phân rã sau 414 ngày đêm và xác định lượng chì được tạo thành trong khoảng thời gian nói trên. Cho biết chu kì bán rã của pôlôni là 138 ngày.

6. ${}^{60}_{27}Co$ là chất phóng xạ β^- có chu kì bán rã là $T = 5,33$ năm. Lúc đầu có 100g côban, tính số nguyên tử côban còn lại và độ phóng xạ của mẫu chất trên sau hai chu kì bán rã.

Cho số Avôgađrô $N_A = 6,023.10^{23}$ nguyên tử /mol.

7. Tính khối lượng pôlôni ${}^{210}Po$ có độ phóng xạ 1 Ci.

8. Nguyên tố rađi phóng xạ ${}^{226}_{88}Ra$ với chu kì bán rã $T = 1570$ năm, nguyên tố con của nó là rađôn (Rn).

a) Viết phương trình phản ứng.   b) Tính độ phóng xạ của 2μg rađi.

Cho : số Avôgađrô $N_A = 6,022.10^{23}$/mol; $\ln 2 = 0,693$.

9. Rađôn (${}^{222}_{86}Rn$) là chất phóng xạ α. Có phải năng lượng tỏa ra khi phóng xạ đã chuyển hoàn toàn thành động năng của hạt α không? Hãy giải thích.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Phản ứng a và d: phóng xạ α vì nó phóng ra hạt nhân ${}^{4}_{2}He$.

Phản ứng b : phóng xạ β^- vì nó phóng ra electrôn ${}^{0}_{-1}e$.

Phản ứng c : phóng xạ β^+ vì nó phóng ra pôzitrôn ${}^{0}_{1}e$.

2. Các phản ứng :

a) ${}^{14}_{6}C \rightarrow \beta^- + {}^{14}_{7}N$ b) ${}^{11}_{6}C \rightarrow \beta^+ + {}^{11}_{5}B$

3. Về nguyên tắc, các tia α, β, γ đều có tác dụng lên phim ảnh, tuy nhiên chúng cũng có những điểm khác biệt nhau:

- Tia γ có thể xuyên qua tấm kim loại dày vài mm.
- Tia β có thể xuyên qua tấm bìa dày.

- Tia α chỉ xuyên qua được tờ giấy đen bọc phim .

Cách thực hiện:

Muốn xem một chất có phóng xạ γ không, ta đặt nó gần phim, nhưng ngăn cách với phim bằng một tấm kim loại dày vài mm. Nếu phim bị tác dụng thì chắc chắn có tia γ.

Muốn xem một chất có phóng xạ β không ta thay tấm kim loại bằng tấm bìa dày cỡ 2mm. Nếu có tia β thì phim bị tác dụng mạnh hơn rõ rệt.

Cuối cùng, muốn xem một chất có phóng xạ α không ta bỏ tấm bìa đi phim chỉ được bọc bằng một tờ giấy đen, nếu thấy phim bị tác dụng mạnh hơn nữa thì biết là có phóng xạ α.

4. Cacbon có 4 đồng vị: Phổ biến nhất là C12 và C13 là bền, C14 là chất phóng xạ β^- và C11 là chất phóng xạ β^+.

C14 được tạo ra trong khí quyển và xâm nhập vào mọi vật trên trái đất, nó có chu kì bán rã 5600 năm. Sự phân rã này cân bằng với sự tạo ra, nên từ hàng vạn năm nay mật độ của C14 trong khí quyển là không đổi. Cứ trong 10^{12} nguyên tử cacbon thì có 1 nguyên tử C14.

Một thực vật còn sống, còn quá trình diệp lục hóa, thì còn giữ được tỉ lệ trên trong các thành phần chứa cacbon của nó. Khi thực vật chết, thì nó không trao đổi gì với không khí nữa, C14 vẫn bị phân rã mà không được bù lại, vì vậy tỉ lệ của nó sẽ giảm, sau 5600 năm thì nó chỉ còn lại một nửa, độ phóng xạ H của nó cũng giảm một cách tương ứng. Đo độ phóng xạ này thì người ta có thể tính được thời gian kể từ lúc cây chết đến thời điểm khảo sát. Thời gian này chính là tuổi của cổ vật.

5. Ta có t = 414 = 3T.

Sau 3 chu kì bán rã, khối lượng ${}^{210}_{84}Po$ còn lại: $m = \dfrac{m_0}{2^3} = 0{,}021g$.

Khối lượng ${}^{210}_{84}Po$ đã phân rã: $\Delta m = 0{,}168 - 0{,}021 = 0{,}147g$.

Số nguyên tử ${}^{210}_{84}Po$ đã phân rã: $\Delta N = \dfrac{\Delta m}{A}N_A = \dfrac{0{,}147}{210}.6{,}022.10^{23} =$ $4{,}21.10^{20}$nguyên tử.

Vì cứ 1 nguyên tử ${}^{210}_{84}Po$ phân rã tạo ra 1 nguyên tử ${}^{206}_{82}Pb$, nên số nguyên tử ${}^{206}_{82}Pb$ tạo thành là $\Delta N = 4{,}21.10^{20}$nguyên tử.

Khối lượng chì tạo thành: $m = \dfrac{A}{N_A}\Delta N = \dfrac{206}{6{,}022.10^{23}}.4{,}21.10^{20} = 0{,}144g$.

6. Số nguyên tử côban ban đầu:

$$N_0 = N_A\frac{200}{60} = 6{,}023.10^{23}.\frac{10}{3} \approx 2{,}008.10^{24} \text{ nguyên tử.}$$

Sau hai chu kì, số nguyên tử Côban còn lại: $N = \dfrac{N_0}{2^2} = 5{,}02.10^{23}$ nguyên tử.

Độ phóng xạ lúc đó là : $H = \lambda N = \dfrac{0{,}693N}{T} = \dfrac{0{,}639.5{,}02.10^{23}}{5{,}33.365{,}25.86400} = 2{,}068.10^{15}Bq$.

7. Ta có: 1 Ci = $3,7.10^{10}$Bq.

Từ công thức tính độ phóng xạ : $H = \lambda N = \dfrac{0,693}{T}N$

$$\Rightarrow \text{Số hạt: } N = \frac{HT}{0,693} = \frac{3,7.10^{10}.138.24.3600}{0,693} = 6,36.10^{17}\text{hạt.}$$

$$\text{Khối lượng: } m = \frac{A}{N_A}N = \frac{210}{6,022.10^{23}}.6,36.10^{17} = 0.22.10^{-3}\text{g.}$$

8. a) Phương trình phản ứng : ${}^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{222}_{86}Rn$

b) Độ phóng xạ : $H = \lambda.N$; với $\lambda = \dfrac{\ln 2}{T} = \dfrac{0,693}{T}$

$$\text{Ta có : } N = \frac{2.10^{-6}}{226}N_A = \frac{2.10^{-6}}{226}6,022.10^{23} = \frac{12,044.10^{17}}{226}$$

Với $\lambda = \dfrac{0,693}{T} \Rightarrow H = 0,745.10^{5}$ Bq.

9. Không phải. Chỉ một phần năng lượng tỏa ra khi phóng xạ chuyển thành động năng của hạt mà thôi.

Thực vậy, phương trình phóng xạ: ${}^{222}_{86}Rn \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{218}_{84}Po$

Động năng phân bố theo tỉ lệ nghịch với các khối lượng (nghĩa là với các số khối A). Nếu $K = K_\alpha + K_{Po}$ là năng lượng tỏa ra dưới dạng động năng của các hạt α và pôlôni thì: $\dfrac{K_\alpha}{218} = \dfrac{K_{He}}{4} = \dfrac{K}{222}$.

Từ đó suy ra: $\dfrac{K_\alpha}{K} = \dfrac{218}{222} = 98\%$.

Bài 54-55

PHẢN ỨNG HẠT NHÂN. BÀI TẬP

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Phản ứng hạt nhân

a) Định nghĩa

Phản ứng hạt nhân là mọi quá trình dẫn đến sự biến đổi hạt nhân.

Dạng phương trình phản ứng hạt nhân: A + B → C + D

Trong đó, A, B là các hạt tương tác, còn C, D là các hạt sản phẩm.

Phóng xạ là trường hợp riêng của phản ứng hạt nhân: A → B + C

trong đó A là hạt nhân mẹ, B là hạt nhân con và C là hạt α hoặc β.

2. Các định luật bảo toàn trong phản ứng nhân tạo

a) Định luật bảo toàn số nuclôn *(số khối A) :*

Trong phản ứng hạt nhân, tổng số nuclôn của các hạt tương tác bằng tổng số nuclôn của các hạt sản phẩm.

Bảo toàn số nuclôn cũng là bảo toàn số khối A.

b) Định luật bảo toàn điện tích :

Tổng đại số các điện tích của các hạt tương tác bằng tổng đại số các điện tích của các hạt sản phẩm.

Bảo toàn điện tích cũng là bảo toàn nguyên tử số Z (quy ước êlectron có $Z = -1$).

c) Định luật bảo toàn năng lượng toàn phần *(bao gồm động năng và năng lượng nghỉ):*

Tổng năng lượng toàn phần của các hạt tương tác bằng tổng năng lượng toàn phần của các hạt sản phẩm.

Như vậy, ở đây không có định luật bảo toàn khối lượng (nghỉ) của hệ như trong cơ học cổ điển.

d) Định luật bảo toàn động lượng

Nếu có các hạt chuyển động với vận tốc rất lớn, thì ta có sự bảo toàn của động lượng tương đối tính.

3. Năng lượng trong phản ứng hạt nhân

Xét phản ứng hạt nhân $A + B \rightarrow C + D$ và giả thiết các hạt A và B đứng yên. Tổng số nuclôn trong phản ứng được bảo toàn. Nhưng, vì các hạt nhân A, B, C, D có các độ hụt khối khác nhau, nên tổng khối lượng nghỉ $m_0 = m_A + m_B$ của các hạt nhân A + B không bằng tổng khối lượng nghỉ $m = m_C + m_D$ của các hạt nhân sinh ra C + D.

Có thể xảy ra hai trường hợp :

a) $m < m_0$

Phản ứng toả một năng lượng bằng: $Q = (m_0 - m)c^2$ dưới dạng động năng của các hạt C và D, hoặc năng lượng của phôtôn γ. Năng lượng toả ra này thường gọi là năng lượng hạt nhân.

Trường hợp $m < m_0$ xảy ra khi các hạt sinh ra có độ hụt khối lớn hơn các hạt nhân ban đầu, nghĩa là các hạt nhân sinh ra bền vững hơn các hạt nhân ban đầu.

b) $m > m_0$

Trong trường hợp này, tổng năng lượng nghỉ của các hạt A + B, cũng tức là tổng năng lượng toàn phần của hệ A + B, nhỏ hơn tổng năng lượng nghỉ của các hạt sinh ra C + D. Muốn cho phản ứng có thể xảy ra ta phải cung cấp cho các hạt A và B một năng lượng E dưới dạng động năng (bằng cách bắn A vào B chẳng hạn). Vì các hạt sinh ra có động năng $W_đ$ nên E phải thoả mãn điều kiện: $E = (m - m_0)c^2 + W_đ$.

4. Hai loại phản ứng hạt nhân toả năng lượng

– Hai hạt nhân rất nhẹ (có số khối A < 10) như hiđrô, heli... kết hợp với nhau thành một hạt nhân nặng hơn. Vì sự tổng hợp hạt nhân chỉ có thể xảy ra ở nhiệt độ cao nên phản ứng này gọi là phản ứng nhiệt hạch.

– Một hạt nhân nặng vỡ thành hai mảnh nhẹ hơn (có khối lượng cùng cỡ). Phản ứng này gọi là phản ứng phân hạch. Chẳng hạn hạt nhân urani, plutoni... hấp thụ nơtron và vỡ thành hai hạt nhân có số khối A vào loại trung bình.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Hãy viết đầy đủ các phản ứng sau:

a) $^{37}_{13}Al + ^{4}_{2}He \rightarrow X + ^{30}_{15}P$ b) $^{10}_{5}B + X \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{8}_{4}Be$

c) $^{1}_{1}H + ^{23}_{11}Na \rightarrow ^{20}_{10}Ne + X$

2. Xác định hạt X trong các phản ứng sau đây :

$$^{19}_{9}F + p \to ^{16}_{8}O + X \text{ và } ^{25}_{12}Mg + X \to ^{22}_{11}Na + \alpha$$

3. Dựa vào các định luật bảo toàn số khối và định luật bảo toàn điện tích. Hãy ghi đầy đủ A và Z của các hạt nhân trong chuỗi phóng xạ của Urani phân rã thành Radi: $^{238}_{92}U \xrightarrow{\alpha} Th \xrightarrow{\beta} Pa \xrightarrow{\beta} U \xrightarrow{\alpha} Th \xrightarrow{\alpha} Ra$

4. Trong dãy phân rã phóng xạ $^{235}_{92}X \to ^{207}_{82}Y$ có bao nhiêu hạt α và β được phát ra?

5. Cho phản ứng hạt nhân: $^{37}_{17}Cl + X \to ^{37}_{18}Ar + n$

a) Xác định số khối, nguyên tử số và tên gọi hạt nhân X.

b) Phản ứng đó toả ra hay thu năng lượng. Tính độ lớn của năng lượng toả ra hay thu đó theo đơn vị jun.

Cho biết: $m_{Ar} = 36,956889$ u; $m_{Cl} = 36,956563$u; $m_n = 1,008665$u; $m_p = 1,007276$ u.

6. Pôlôni $^{210}_{84}Po$ là nguyên tố phóng xạ α, nó phóng ra một hạt α và biến đổi thành hạt nhân con X. Chu kì bán rã của pôlôni là T = 138 ngày.

a) Viết phương trình phản ứng. Xác định cấu tạo, tên gọi của hạt nhân X.

b) Một mẫu pôlôni nguyên chất có khối lượng ban đầu 0,01g. Tính độ phóng xạ của mẫu chất trên sau 3 chu kì bán rã. Cho biết $N_A = 6,022.10^{23}$ nguyên tử/mol

c) Tính tỉ số giữa khối lượng pôlôni và khối lượng chất X trong mẫu chất trên sau 4 chu kì bán rã.

7. Hạt nhân $^{14}_{6}C$ là một chất phóng xạ, nó phóng ra tia β^- có chu kì bán rã là 5600 năm.

a) Viết phương trình của phản ứng phân rã.

b) Sau bao lâu lượng chất phóng xạ của một mẫu chỉ còn bằng $\frac{1}{8}$ lượng chất phóng xạ ban đầu của mẫu đó ?

c) Trong cây cối có chất phóng xạ $^{14}_{6}C$. Độ phóng xạ của một mẫu gỗ tươi và một mẫu gỗ cổ đại đã chết cùng khối lượng lần lượt là 0,25Bq và 0,215Bq. Xác định xem mẫu gỗ cổ đại đã chết cách đây bao lâu? Cho biết : ln (1,186) = 0,1706.

8. Bắn hạt α có động năng 4MeV vào hạt nhân $^{14}_{7}N$ đứng yên thì thu được một hạt prôtôn và một hạt nhân X.

a) Tìm hạt nhân X và tính xem phản ứng đó toả ra hay thu vào năng lượng bao nhiêu MeV.

b) Giả sử hai hạt sinh ra có cùng độ lớn vận tốc, tính động năng và vận tốc của prôtôn.

Cho $m_\alpha = 4,0015$u ; $m_X = 16,9947$u ; $m_N = 13,9992$ u ;

$m_p = 1,0073$ u ; 1 u = 931 MeV/c^2 ; c = 3.10^8 m/s.

9. a) Hạt nhân mẹ A đứng yên phân rã thành một hạt nhỏ B và hạt nhân con C. Biết khối lượng các hạt A, B, C là m_A, m_B, m_C, tính động năng các hạt B, C.

b) Áp dụng cho phóng xạ α của Radi: $^{226}_{88}Ra \to ^{222}_{86}Rn + ^{4}_{2}\alpha$

Biết : m(Ra) = 225,977u; m(Rn) = 221,970u; m(α) = 4,0015u

10. Thời gian τ để số hạt nhân phóng xạ giảm đi e ≈ 2,7 lần gọi là tuổi sống trung bình của chất phóng xạ ($N_0 = eN_\tau$).

a) Chứng minh rằng $\tau = \frac{1}{\lambda}$, với λ là hằng số phóng xạ.

b) Sau một khoảng thời gian τ, còn bao nhiêu % của chất phóng xạ ban đầu ? Sau nτ, n là số nguyên dương, thì còn bao nhiêu %?

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Sử dụng định luật bảo toàn số khối và định luật bảo toàn điện tích cho mỗi phương trình để tìm hạt nhân X.

Các phương trình phản ứng đầy đủ:

a) $^{37}_{13}Al + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{1}_{0}n + ^{30}_{15}P$ b) $^{10}_{5}B + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{8}_{4}Be$

c) $^{1}_{1}H + ^{23}_{11}Na \rightarrow ^{20}_{10}Ne + ^{4}_{2}He$

2. – Xét phản ứng $^{19}_{9}F + ^{1}_{1}H \rightarrow ^{16}_{8}O + ^{A}_{Z}X$

Ta có: $19 + 1 = 16 + A \Rightarrow A = 4$;

$9 + 1 = 8 + Z \Rightarrow Z = 2$.

Vậy hạt nhân X là $^{4}_{2}He$.

– Xét phản ứng $^{25}_{12}Mg + ^{A}_{Z}X \rightarrow ^{22}_{11}Na + ^{4}_{2}He$

Ta có: $25 + A = 22 + 4 \Rightarrow A = 1$;

$12 + Z = 11 + 2 \Rightarrow Z = 1$.

Vậy hạt nhân X là $^{1}_{1}H$.

3. Chuỗi phóng xạ :

$$^{238}_{92}U \xrightarrow{\alpha} ^{234}_{90}Th \xrightarrow{\beta^-} ^{234}_{91}Pa \xrightarrow{\beta^-} ^{234}_{92}U \xrightarrow{\alpha} ^{230}_{90}Th \xrightarrow{\alpha} ^{226}_{88}Ra$$

4. Dạng phản ứng: $^{235}_{92}X \rightarrow ^{207}_{82}Y + n(^{4}_{2}He) + m(^{0}_{-1}e)$

Theo định luật bảo toàn số khối và định luật bảo toàn điện tích thì ta có:

$$\begin{cases} 4n = 28 \\ 2n - m = 10 \end{cases} \Rightarrow n = 7 \text{ và } m = 4$$

Vậy trong dãy phân rã phóng xạ $^{235}_{92}X \rightarrow ^{207}_{82}Y$ có 7 hạt α và 4 hạt β được phát ra.

5. a) Xét phương trình phản ứng: $^{37}_{17}Cl + ^{A}_{Z}X \rightarrow ^{37}_{18}Ar + ^{1}_{0}n$

Ta có: $37 + A = 37 + 1 \Rightarrow A = 1$;

$17 + Z = 18 + 0 \Rightarrow Z = 1$.

Vậy hạt nhân X là prôtôn ($^{1}_{1}H$) có A = 1 và Z = 1.

b) Khối lượng các hạt trước phản ứng:

$m_0 = m_{Cl} + m_p = 36{,}956563u + 1{,}007276u = 37{,}963839u$.

Khối lượng các hạt sau phản ứng:

$m = m_{Ar} + m_n = 36{,}956889u + 1{,}008665u = 37{,}965554u$.

Vì $m > m_0$ nên phản ứng loại thu năng lượng.

Năng lượng thu vào: $\Delta E = (m - m_0)c^2$. Thay số $\Rightarrow \Delta E = 2{,}56.10^{-13}$J.

6. a) Phương trình phản ứng có dạng : $^{210}_{84}Po \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{A}_{Z}X$

Ta có: $210 = 4 + A \Rightarrow A = 206$; $84 = 2 + Z \Rightarrow Z = 82$.

Vậy X là $^{206}_{82}Pb$ gồm 82 prôtôn và $N = 206 - 82 = 124$ nơtron.

b) Số hạt nhân pôlôni ban đầu là : $N_0 = N_A\dfrac{m_0}{A}$

Sau thời gian t = 3T số hạt ${}^{210}_{84}Po$ còn lại: $N = \dfrac{N_0}{2^3} = \dfrac{N_A m_0}{8A}$.

Độ phóng xạ: $H = \lambda N = \dfrac{0,693}{T}N = \dfrac{0,693.N_A m_0}{8AT}$

Thay số ta được: $H \approx 2,084.10^{11}$ Bq.

c) Số hạt ${}^{210}_{84}Po$ còn lại sau thời gian t = 4T: $N' = \dfrac{N_0}{2^4} = \dfrac{N_0}{16}$

Số hạt nhân pôlôni đã bị phân rã: $\Delta N = N_0 - N' = \dfrac{15N_0}{16}$

Số hạt nhân ΔN này cũng chính bằng số hạt nhân X được tạo ra trong thời gian t = 4T.

Khối lượng chất X được tạo ra là : $m_X = \dfrac{A'}{N_A}\Delta N = \dfrac{15N_0 \cdot A'}{16N_A}$

Khối lượng ${}^{210}_{84}Po$ còn lại sau 4T: $m' = \dfrac{A}{N_A}N' = \dfrac{AN_0}{16N_A}$

Lập tỉ số $\dfrac{m'}{m_X}$ ta được: $\dfrac{m'}{m_X} = \dfrac{A}{15A'} = \dfrac{210}{15 \cdot 206} \approx 0,068$.

7. a) Phương trình phân rã: ${}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{0}_{-1}e^- + {}^{A}_{Z}X$.

Ta có : $14 = 0 + A \Rightarrow A = 14$ và $6 = -1 + Z \Rightarrow Z = 7$.

Vậy, X là hạt nhân nitơ ${}^{14}_{7}N$. Phương trình là: ${}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{0}_{-1}e^- + {}^{14}_{7}N$

b) Ta có : $m = \dfrac{m_0}{2^{\frac{t}{T}}} \Rightarrow \dfrac{m}{m_0} = \dfrac{1}{2^{\frac{t}{T}}} = \dfrac{1}{8} \Rightarrow t = 3T = 16800$ năm.

Vậy sau t = 16800 năm lượng chất phóng xạ chỉ còn bằng $\dfrac{1}{8}$ lượng chất phóng xạ ban đầu.

c) Gọi t là khoảng thời gian mà mẫu gỗ cổ đại đã chết.

Ta có: $H = H_0e^{-\lambda t}$; với $H_0 = 0,250$ Bq và $H = 0,215$ Bq.

$\Rightarrow \lambda t = \ln\dfrac{H_0}{H} = \ln\dfrac{0,250}{0,215} = \ln(1,186) = 0,1706$

$\Rightarrow t = \dfrac{0,1706}{\lambda} = \dfrac{0,1706T}{0,693} = \dfrac{0,1706.5600}{0,693} = 1378,58$ năm.

8. a) Phương trình phản ứng : ${}^{4}_{2}He + {}^{14}_{7}N \rightarrow {}^{1}_{1}H + {}^{A}_{Z}X$

Ta có : $4 + 14 = 1 + A \Rightarrow A = 17$ và $2 + 7 = 1 + Z \Rightarrow Z = 8$.

Vậy, X là hạt nhân ${}^{17}_{8}O$.

Tổng khối lượng các hạt trước và sau phản ứng:

$$m_0 = m_\alpha + m_N = 4,0015u + 13,9992u = 18,0007u.$$

$$m = m_p + m_X = 1,0073\ u + 16,9947u = 18,0020u.$$

Do $m_0 < m$ nên phản ứng thu năng lượng. Lượng năng lượng thu vào:

$$\Delta E = (m - m_0)c^2 = (18,0020 - 18,0007).931,5 = 1,2109\ \text{MeV}$$

b) Theo định luật bảo toàn năng lượng (chú ý hạt nhân nitơ đứng yên, ta có :

$m_0c^2 + W_\alpha = mc^2 + W_O + W_p \Rightarrow W_\alpha - W_O - W_p = \Delta E$ (*)

Vì hai hạt sinh ra là ^{17}O và prôtôn có cùng tốc độ, nên:

$$\frac{W_O}{W_p} = \frac{m_O}{m_p} \rightarrow W_O = \frac{m_O}{m_p}W_p \qquad (**)$$

Từ (*) và (**) ta tính được : $W_p = 0,156$ MeV

Tốc độ của prôtôn : $v_p = \sqrt{\dfrac{2W_p}{m_p}} \approx 5,5.10^6$ m/s.

9. a) Theo định luật bảo toàn năng lượng thì:

$$m_Ac^2 = (m_B + m_C)c^2 + W_d$$

W_d là năng lượng mà sự phóng xạ toả ra dưới dạng động năng của các hạt B và C.

Theo định luật bảo toàn động lượng thì: $0 = m_B\vec{v}_B + m_C\vec{v}_C$

Nếu v_B và v_C là các độ lớn vận tốc thì $\dfrac{v_B}{v_C} = \dfrac{m_C}{m_B}$

Gọi W_B và W_C là động năng của các hạt B và C, ta có :

$$\frac{W_B}{W_C} = \frac{m_Bv_B^2}{m_Cv_C^2} = \frac{m_C}{m_B} \Rightarrow \frac{W_B}{m_C} = \frac{W_C}{m_B} = \frac{W_d}{m_B + m_C}$$

$$\Rightarrow W_B = \frac{m_C}{m_B + m_C}W_d,\ W_C = \frac{m_B}{m_B + m_C}W_d$$

b) Xét phương trình: $^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^4_2\alpha$

Ta có: $m_{Ra} - (m_\alpha + m_{Rn}) = 0,0055$ u ; 1u = 931,5 MeV/c^2; W = 5,12MeV

Có thể thay các khối lượng bằng các số khối $m_\alpha = 4$, $m_{Rn} = 222$

$\Rightarrow W_\alpha = 5,03\text{MeV}$ và $W_{Rn} = 0,09\text{MeV}$

10. a) Từ định luật phóng xạ $N_t = N_oe^{-\lambda t}$. Nếu cho t = τ, ta có:

$$\frac{N_0}{N} = e^{\lambda\tau} = e \Rightarrow \lambda\tau = 1 \Rightarrow \tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T}{0,693} = 1,443T$$

b) Từ $N = N_02^{-t/T}$. Nếu cho t = τ thì $N_\tau = N_02^{-1,443} = 0,368N_0$.

Vậy sau khoảng thời gian τ còn 36,8% chất phóng xạ.

– Nếu cho t = nτ thì còn $(0,368)^n$.100% chất phóng xạ.

Bài 56-57 PHẢN ỨNG PHÂN HẠCH VÀ PHẢN ỨNG NHIỆT HẠCH

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Sự phân hạch

a) Sự phân hạch của urani

Dùng nơtron nhiệt (nơtrôn chậm) có năng lượng cỡ 0,01 eV bắn vào ^{235}U ta có phản ứng phân hạch: $_0^1n + _{92}^{235}U \rightarrow _{Z_1}^{A_1}X_1 + _{Z_2}^{A_2}X_2 + k\,_0^1n$

X_1 và X_2 là các hạt nhân có số khối A thuộc loại trung bình (từ 80 đến 160) và hầu hết là các hạt nhân phóng xạ. Phản ứng này sinh ra k = 2 hoặc 3 (trung bình 2,5) nơtron và toả ra năng lượng khoảng 200 MeV dưới dạng động năng của các hạt.

b) Đặc điểm chung của các phản ứng phân hạch

Sau mỗi phản ứng đều có hơn 2 nơtron được giải phóng, và mỗi phân hạch đều giải phóng ra năng lượng lớn; người ta thường gọi đó là năng lượng hạt nhân.

2. Phản ứng hạt nhân dây chuyền

a) Khái niệm về phản ứng hạt nhân dây chuyền

Các nơtron sinh ra sau mỗi phân hạch của urani (hoặc plutoni,..) lại có thể bị hấp thụ bởi các hạt nhân urani (hoặc plutoni...) khác ở gần đó, và cứ thế, sự phân hạch tiếp diễn thành một dây chuyền. Số phân hạch tăng lên rất nhanh trong một thời gian rất ngắn, ta có phản ứng hạt nhân dây chuyền.

b) Điều kiện xảy ra phản ứng hạt nhân dây chuyền

Trong thực tế không phải mọi nơtron sinh ra đều có thể gây ra sự phân hạch, bởi vì có nhiều nơtron bị mất mát đi do nhiều nguyên nhân khác nhau, thành thử, muốn có phản ứng dây chuyền ta phải xét tới số nhân nơtron trung bình k còn lại sau mỗi phân hạch (gọi là hệ số nhân nơtrôn).

– Nếu k < 1 thì phản ứng dây chuyền không thể xảy ra.

– Nếu k = 1 thì phản ứng dây chuyền xảy ra với mật độ nơtron không đổi. Đó là phản ứng dây chuyền điều khiển được.

– Nếu k > 1 thì dòng nơtron tăng liên tục theo thời gian, dẫn tới vụ nổ nguyên tử. Đó là phản ứng dây chuyền không điều khiển được.

Để giảm thiểu số nơtron bị mất vì thoát ra ngoài nhằm đảm bảo có $k \geq 1$, thì khối lượng nhiên liệu hạt nhân phải đạt tới một giá trị tối thiểu, gọi là khối lượng tới hạn m_{th}.

3. Lò phản ứng hạt nhân và nhà máy điện hạt nhân

Phản ứng hạt nhân dây chuyền tự duy trì, có điều khiển, được thực hiện trong thiết bị gọi là lò phản ứng hạt nhân. Trong phần lớn các lò phản ứng đều dùng nhiên liệu phân hạch là ^{235}U hay ^{238}Pu. Để đảm bảo cho k = 1, trong các lò phản ứng người ta dùng các thanh điều khiển có chứa Bo hay cadimi là các chất có tác dụng hấp thụ nơtrôn.

Lò phản ứng hạt nhân là bộ phận chính của các nhà máy điện nguyên tử. Lò phản ứng hạt nhân cũng còn được đặt trên các tàu thuỷ, tàu ngầm, chỉ cần một lần nạp nhiên liệu các tàu này có thể hoạt động liên tục vài năm. Cần chú ý rằng mặc dù quá trình phân hạch có điều khiển, nhưng các sản phẩm phân hạch đều có tính phóng xạ rất cao và phần lớn là các chất phóng xạ γ sống lâu, rất nguy hiểm cho sức khoẻ con người.

Các nhà máy điện hạt nhân là nguồn điện năng có hiệu suất hợp lí. Nhưng ít nhất còn lại hai vấn đề chính phải giải quyết, đó là vấn đề an toàn cho chính lò phản ứng và việc chôn cất chất thải phóng xạ từ nhiên liệu hạt nhân đã bị tiêu hao hết. Vấn đề này hiện nay chưa được giải quyết thoả đáng.

4. Phản ứng nhiệt hạch

– Khi hai hạt nhân nhẹ kết hợp lại để tạo nên một hạt nhân nặng hơn thì có năng lượng được toả ra.

Ví dụ phản ứng: $^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He + ^{1}_{0}n$ trong đó $^{2}_{1}H$ là đồng vị nặng có trong thiên nhiên của hiđrô. Phản ứng trên toả ra năng lượng 4MeV.

– Phản ứng kết hợp hạt nhân chỉ xảy ra ở nhiệt độ rất cao nên mới gọi là phản ứng nhiệt hạch.

5. Phản ứng nhiệt hạch trong vũ trụ

Phản ứng nhiệt hạch trong lòng Mặt Trời và các ngôi sao là nguồn gốc năng lượng của chúng.

6. Thực hiện phản ứng nhiệt hạch trên Trái Đất

– Trên Trái Đất, con người đã thực hiện được phản ứng nhiệt hạch dưới dạng không kiểm soát được. Đó là sự nổ của bom nhiệt hạch hay bom H (còn gọi là bom khinh khí).

– Vì năng lượng toả ra trong phản ứng nhiệt hạch lớn hơn năng lượng toả ra trong phản ứng phân hạch rất nhiều, và vì nhiên liệu nhiệt hạch có thể coi là vô tận trong thiên nhiên, nên một vấn đề quan trọng đặt ra là làm thế nào thực hiện được phản ứng nhiệt hạch dưới dạng kiểm soát được, để đảm bảo cung cấp năng lượng lâu dài cho nhân loại.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Phản ứng phân hạch là gì ? Phản ứng phân hạch dây chuyền là gì ? Với điều kiện nào thì nó xảy ra ?

2. Xét phản ứng phân hạch urani ^{235}U có phương trình :

$$^{235}_{92}U + n \rightarrow ^{95}_{42}Mo + ^{139}_{57}La + 2n + 7e^-$$

Tính năng lượng mà một phân hạch toả ra.

Cho biết : $m_U = 234,99$ u ; $m_{Mo} = 94,88$ u ; $m_{La} = 138,87$ u.

Bỏ qua khối lượng của êlectron.

3. Phản ứng nhiệt hạch là gì ? Nêu điều kiện để phản ứng nhiệt hạch xảy ra và các ưu điểm của năng lượng do phản ứng nhiệt hạch toả ra.

4. Tại sao nói phản ứng nhiệt hạch và phản ứng phân hạch là hai phản ứng hạt nhân trái ngược nhau?

5. Xét phản ứng hạt nhân $D + D \rightarrow T + p$. Phản ứng này tỏa hay thu năng lượng? Tính năng lượng đó.

Biết $m_D = 2,0136$ u, $m_T = 3,0160$ u, $m_P = 1,0073$ u.

$1u = 1,6605.10^{-27}$ kg ; $c = 2,9979.10^{8}$ m/s.

6. Người ta muốn xây dựng một nhà máy điện có công suất 1920MW (bằng công suất của nhà máy thuỷ điện Hoà Bình)

a) Nếu là nhà máy điện nguyên tử dùng U đã làm giàu (chứa 25% U235) thì một năm cần một khối lượng urani bằng bao nhiêu? Biết một nguyên tử U235 khi phân hạch toả ra trung bình 200MeV, và hiệu suất biến đổi năng lượng hạt nhân thành điện năng là 30%.

7. Bom nhiệt hạch dùng phản ứng D + T → He + n toả ra bao nhiêu năng lượng nếu 1 kmol He được tạo thành do vụ nổ.

   Nếu 1 tấn chất nổ thông thường (TNT) toả ra khoảng 10^9J thì bom trên đây tương đương với bao nhiêu tấn TNT.

   Biết $m_D = 2{,}0136u$, $m_T = 3{,}016u$, $m_{He} = 4{,}0015u$; $m_n = 1{,}0087u$

8. Trong nước thường có khoảng 0,015% nước nặng (D_2O). Người ta dùng đơteri (D) làm nhiên liệu cho phản ứng nhiệt hạch. Hãy thử tính xem chỉ với 1kg nước thường, ta có thể thu được bao nhiêu năng lượng từ phản ứng nhiệt hạch đó?

9. Mặt Trời có khối lượng 2.10^{30} kg và công suất bức xạ $3{,}8.10^{26}$ W.

   a) Mỗi giây khối lượng của Mặt Trời giảm đi bao nhiêu ?

   b) Nếu công suất bức xạ không đổi thì sau một tỉ năm nữa, khối lượng Mặt Trời bằng bao nhiêu phần trăm khối lượng hiện nay.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. – Phản ứng phân hạch là phản ứng toả năng lượng mà trong đó, một hạt nhân nặng hấp thụ nơtrôn và vỡ thành hai mảnh nhẹ hơn (có khối lượng cùng cỡ).

   – Phản ứng phân hạch dây chuyền là một chuỗi các phân hạch liên tiếp do các nơtron sinh ra sau mỗi phân hạch (của urani chẳng hạn) lại có thể bị hấp thụ bởi các hạt nhân urani khác ở gần đó và số phân hạch có thể tăng lên rất nhanh trong một thời gian rất ngắn.

   Điều kiện xảy ra phản ứng hạt nhân dây chuyền xảy ra là hệ số nhân nơtrôn $k \geq 1$.

2. Khối lượng các hạt trước phản ứng:

   $m_0 = m_U + m_n = 234{,}99u + 1{,}008665u = 235{,}998665u.$

   Khối lượng các hạt sau phản ứng: $m = m_{La} + m_{Mo} + 2m_n$

   $m = 138{,}87u + 94{,}88u + 2.1{,}008665u = 235{,}76733u.$

   Năng lượng toả ra: $\Delta E = (m_0 - m)c^2$.

   $\Delta E = (235{,}998665 - 235{,}76733).931{,}5 = 215{,}488\text{MeV}.$

3. – Phản ứng nhiệt hạch là phản ứng hạt nhân mà trong đó, hai hạt nhân rất nhẹ (có số khối A < 10) như hiđrô, heli... kết hợp với nhau thành một hạt nhân nặng hơn trong điều kiện nhiệt độ rất cao.

   – Năng lượng toả ra trong phản ứng nhiệt hạch lớn hơn năng lượng toả ra trong phản ứng phân hạch rất nhiều, ngoài ra nhiên liệu nhiệt hạch có thể coi là vô tận trong thiên nhiên.

4. Phản ứng nhiệt hạch và phản ứng phân hạch là hai phản ứng hạt nhân trái ngược nhau vì một phản ứng là tổng hợp hai hạt nhân nhẹ thành một hạt nhân nặng hơn, phản ứng kia là sự vỡ một hạt nhân nặng thành hai hạt nhẹ hơn.

5. Khối lượng các hạt trước phản ứng : $m_0 = 2m_D = 4{,}0272u$

   Khối lượng các hạt sau phản ứng : $m = m_T + m_P = 4{,}0233u$

   Do $m_0 > m$ nên phản ứng tỏa năng lượng.

   Năng lượng đó là : $Q = (m_0 - m)c^2 = 0{,}0039.9{,}31{,}5 = 3{,}633$ MeV.

6. Cứ 1g U235 chứa $\dfrac{N_A}{235}$ nguyên tử.

   Mỗi nguyên tử phân hạch toả ra $200\text{MeV} = 3{,}20.10^{-11}$J

   Vậy 1g U235 toả ra : $\dfrac{6{,}02 \cdot 10^{23}}{235} \cdot 320 \cdot 10^{-13} = 8{,}2 \cdot 10^{10}$ J.

1kg sẽ toả ra $8,2.10^{13}$J nhiệt.

Vì hiệu suất biến đổi năng lượng hạt nhân thành điện năng là 30% nên lượng năng lượng chuyển thành điện năng là:

$$E = 0,3.8,2.10^{13} = 2,46.10^{13}J$$

Nhà máy công suất 1920MW cả năm ($31,5.10^6$s) sản ra :

$$1920.31,5.10^{12} = 606.10^{14}J.$$

⇒ Khối lượng nhiên liệu cần dùng:

$m = \dfrac{606.10^{14}}{2,46.10^{13}} = 2463$kg U235, tức là cần 4.2463 = 9852kg Urani.

7. Ta có: $\Delta mc^2 = 0,0194.931,5 = 18\ MeV/c^2 = 29.10^{-13}J$.

1kmol He có thể tạo ra $\dfrac{4,10^{27}}{6,64} = 6.10^{26}$ phản ứng và toả ra năng lượng $1,74.10^{15}$J

⇒ Bom nhiệt hạch đang xét tương đương với $1,74.10^6$ tấn thuốc nổ TNT.

8. Khối lượng D_2O chứa trong 1kg H_2O: $m_{D_2O} = \dfrac{0,015}{100}.1000 = 0,15g$.

Số phân tử D_2O có trong 0,15g nước nặng:

$$N_{D_2O} = \frac{m_{D_2O}}{M_{D_2O}}.N_A = \frac{0,15}{20}.6,02.10^{23} = 4,515.10^{21} \text{ phân tử.}$$

Mỗi phân tử D_2O có hai nguyên tử D, suy ra số nguyên tử D là:

$$N_D = 2N_{D_2O} = 9,03.10^{21} \text{ nguyên tử.}$$

Phản ứng nhiệt hạch với nhiên liệu là Dotêri:

$$D + D \rightarrow T + p$$

Gọi M_0 và M lần lượt là khối lượng các hạt trước và sau phản ứng:

$$M_0 = 2m_D = 4,0272u \text{ và } M = m_T + m_p = 4,0233u$$

Năng lượng tỏa ra trong mỗi phản ứng :

$$\Delta E = (M_0 - M)c^2 = 3,6309\ MeV.$$

Cứ mỗi phản ứng chỉ cần hai nguyên tử dotêri. Vậy năng lượng thu được từ 1kg nước thường:

$$E = 3,6309.\frac{9,03.10^{21}}{2} = 16,4.10^{21}\ MeV = 26,28.10^8\ J.$$

9. a) Giảm đi $\dfrac{P}{c^2} = 4,2 \cdot 10^9$ kg/s .

b) Sau 10^9 năm = $3,15.10^{16}$s, giảm đi $1,32.10^{26}$ kg.

Tỉ lệ giảm 0,007% và còn lại 99,993% khối lượng hiện nay, nghĩa là giảm không đáng kể.

CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM ÔN TẬP CUỐI CHƯƠNG

1. Một hạt nhân nguyên tử có kí hiệu $^{A}_{Z}X$. Thông tin nào sau đây là **đúng**?

A. Z là tổng số các nuclôn có trong hạt nhân.
B. Trong bảng phân loại tuần hoàn Men-đê-lê-ép, nguyên tố X có số thứ tự là Z.
C. Số nơtrôn trong hạt nhân là N = A + Z.
D. Số prôtôn trong hạt nhân bằng A – Z.

2. Hạt nhân nguyên tử của các nguyên tố đồng vị luôn có cùng:

A. số nuclôn. B. số nơtrôn. C. số prôtôn. D. khối lượng.

3. Trong vật lí hạt nhân, so với khối lượng của đồng vị cacbon $^{12}_{6}C$ thì một đơn vị khối lượng nguyên tử u nhỏ hơn:

A. $\frac{1}{2}$ lần. B. $\frac{1}{12}$ lần. C. 2 lần. D. 12 lần.

4. Phép quy đổi nào sau đây là **sai**?

A. $1\frac{\text{MeV}}{c^2} = 1{,}7827.10^{-27}$ kg. B. $1\frac{\text{MeV}}{c^2} = 1{,}07356.10^{-3}$u.

C. $1\text{u} \approx 1{,}66.10^{-27}$ kg. D. $1\text{u} = 931{,}5\ \frac{\text{MeV}}{c^2}$.

5. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Khi một hạt nhân bị phân rã thì nó phát ra các tia phóng xạ và biến đổi thành hạt nhân khác.
B. Quá trình phân rã phóng xạ chỉ do các nguyên nhân bên trong gây ra.
C. Khi nhiệt độ của môi trường càng cao thì sự phân rã phóng xạ của các hạt nhân diễn ra càng nhanh.
D. Quá trình phân rã phóng xạ thực chất là quá trình biến đổi hạt nhân.

6. Đặc điểm nào sau đây **không đúng** với tia α?

A. Khi truyền trong không khí nó làm iôn hoá mạnh các nguyên tử trên đường đi.
B. Khi truyền trong không khí nó mất năng lượng rất nhanh.
C. Phóng ra từ hạt nhân với vận tốc khoảng 2.10^7m/s.
D. Có xuyên qua được tờ bìa dày cỡ 8cm.

7. Đặc điểm nào sau đây **không đúng** với tia β?

A. Phóng ra khỏi hạt nhân với vận tốc xấp xỉ bằng vận tốc ánh sáng.
B. Làm iôn hoá môi trường nhưng yếu hơn so với tia α.
C. Có thể đi được quãng đường dài hàng ngàn mét trong không khí.
D. Có thể xuyên qua lá nhôm dày cỡ milimét.

8. Sắp xếp nào sau đây **đúng** với thứ tự giảm dần về khả năng đâm xuyên của các chùm tia phóng xạ?

A. Tia β – Tia α – Tia γ. B. Tia α – Tia β – Tia γ.
C. Tia α – Tia γ – Tia β. D. Tia γ – Tia β – Tia α.

9. Một chất phóng xạ có chu kì bán rã T và có N_0 hạt ở thời điểm ban đầu. Sau thời gian t, số hạt phóng xạ còn lại tính bởi công thức:

A. $N(t) = N_0.e^{-t/T}$. B. $N(t) = N_0.2^{t/T}$. C. $N(t) = N_0.2^{-\frac{0{,}693}{T}t}$. D. $N(t) = N_0.e^{-\frac{0{,}693}{T}t}$.

10. Một lượng chất phóng xạ có hằng số phân rã phóng xạ λ, ban đầu có khối lượng m_0. Sau thời gian t, khối lượng m của chất phóng xạ còn lại tính theo công thức:

A. $m(t) = m_0 2^{-\lambda t}$. B. $m(t) = m_0 e^{-\lambda t}$. C. $m(t) = m_0 2^{\lambda t}$. D. $m(t) = m_0 e^{-\frac{1}{2}\lambda t}$.

11. Thông tin nào sau đây là **sai** khi nói về độ phóng xạ?

A. Độ phóng xạ là đại lượng đặc trưng cho tính phóng xạ mạnh hay yếu của một lượng chất phóng xạ.

B. Đơn vị của độ phóng xạ có thể là becoren (Bq) hay curi (Ci).

C. Trong quá trình phân rã, độ phóng xạ luôn không đổi theo thời gian.

D. $1Ci = 3{,}7.10^{10}$Bq.

12. Thông tin nào sau đây là **sai** khi nói về các định luật bảo toàn trong phản ứng hạt nhân?

A. Tổng số nuclôn của các hạt tương tác bằng tổng số nuclôn của các hạt sản phẩm.

B. Tổng đại số điện tích của các hạt tương tác bằng tổng đại số điện tích của các hạt sản phẩm.

C. Tổng năng lượng nghỉ của các hạt tương tác bằng tổng năng lượng nghỉ của các hạt sản phẩm.

D. Tổng các vectơ động lượng của các hạt tương tác bằng tổng các vectơ động lượng của các hạt sản phẩm.

13. Phương trình phản ứng hạt nhân nào sau đây là **sai**?

A. ${}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$. B. ${}^{4}_{2}He + {}^{27}_{13}Al \rightarrow {}^{30}_{15}P + {}^{1}_{0}n$.

C. ${}^{210}_{83}Bi \rightarrow {}^{0}_{-1}e^- + {}^{210}_{84}Po + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$. D. ${}^{30}_{15}P \rightarrow {}^{30}_{14}Si + {}^{0}_{-1}e^-$.

14. Xét phản ứng hạt nhân A + B = C + D. Phản ứng này thuộc loại phản ứng thu năng lượng nếu:

A. $m_A + m_B < m_C + m_D$. B. $m_A + m_B > m_C + m_D$.

C. $m_A + m_B + m_C + m_D > 0$. D. $m_A + m_C > m_B + m_D$.

15. Sự phân hạch là phản ứng hạt nhân mà trong đó:

A. một hạt nhân ban đầu được tách ra thành nhiều hạt nhân khác.

B. hai hạt nhân rất nhẹ kết hợp với nhau thành hạt nhân nặng hơn.

C. một hạt nhân rất nặng hấp thụ một nơtrôn và vỡ thành hai hạt nhân có số khối A vào loại trung bình.

D. hạt nhân ban đầu thu năng lượng lớn và tách thành hai hạt nhân có số khối trung bình.

16. Nếu dùng nơtrôn chậm có năng lượng cỡ 0,01eV bắn vào hạt nhân ${}^{235}U$ thì thông tin nào sau đây là **sai**?

A. Các hạt nhân sản phẩm hầu hết là các hạt nhân phóng xạ.

B. Phản ứng sinh ra rất nhiều electrôn và nơtrôn có động năng lớn.

C. Phản ứng hạt nhân toả ra năng lượng khoảng 200MeV dưới dạng động năng của các hạt.

D. Các hạt nhân sản phẩm có số khối thuộc loại trung bình nằm trong khoảng từ 80 đến 160.

17. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Phản ứng tổng hợp hạt nhân là phản ứng mà trong đó hai hạt nhân rất nặng tương tác với nhau tạo thành những hạt nhân nhẹ hơn.

B. Để phản ứng hạt nhân dây chuyền xảy ra thì hệ số nhân nơtrôn phải lớn hơn hoặc bằng 1.

C. Đặc điểm chung của các phản ứng phân hạch là sau mỗi phản ứng đều có hơn 2 nơtrôn được phóng ra đồng thời giải phóng ra một năng lượng lớn.

D. Trong sự phân hạch, một hạt nhân rất nặng hấp thụ một nơtrôn và vỡ thành hai hạt nhân có số khối A vào loại trung bình.

18. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Nguồn gốc năng lượng của Mặt Trời chính là các phản ứng nhiệt hạch diễn ra trong lòng nó.

B. Sự nổ của bom khinh khí chính là kết quả của phản ứng nhiệt hạch dưới dạng không kiểm soát được.

C. Năng lượng của mặt trời có được từ một chu trình duy nhất đó là chu trình cacbon-nitơ.

D. Nếu tính theo khối lượng nhiên liệu thì năng lượng toả ra trong phản ứng nhiệt hạch lớn hơn so với phản ứng phân hạch rất nhiều.

19. Phản ứng nào sau đây là sự rút gọn của chu trình cacbon-nitơ?

A. $4\,{}_{1}^{1}H \rightarrow {}_{2}^{4}He + 2\,{}_{1}^{0}e^{+} + 2\nu + 3\gamma + 26{,}8MeV$.

B. ${}_{1}^{2}H + {}_{1}^{2}H \rightarrow {}_{2}^{3}He + {}_{0}^{1}n$.

C. ${}_{1}^{3}H + {}_{1}^{2}H \rightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{0}^{1}n + 17{,}5MeV$.

D. ${}_{3}^{7}Li + {}_{1}^{2}H \rightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{2}^{4}He + {}_{0}^{1}n + 15{,}1MeV$.

20. Phản ứng nhiệt hạch chỉ xảy ra khi phản ứng kết hợp hạt nhân diễn ra trong môi trường có:

A. áp suất lớn.
B. nhiều nơtrôn.
C. nhiệt độ rất cao.
D. nhiều tia phóng xạ.

HƯỚNG DẪN TRẢ LỜI

1. Thông tin đúng: Trong bảng phân loại tuần hoàn Men-đê-lê-ép, nguyên tố X có số thứ tự là Z. **Chọn B**

2. Hạt nhân nguyên tử của các nguyên tố đồng vị luôn có cùng số prôtôn. **Chọn C**

3. Trong vật lí hạt nhân, so với khối lượng của đồng vị cacbon ${}_{6}^{12}C$ thì một đơn vị khối lượng nguyên tử u nhỏ hơn 12 lần. **Chọn D**

4. Phép quy đổi sai: $1\dfrac{MeV}{c^2} = 1{,}7827.10^{-27}$ kg. **Chọn A**

5. Câu sai: Khi nhiệt độ của môi trường càng cao thì sự phân rã phóng xạ của các hạt nhân diễn ra càng nhanh. **Chọn C**

6. Đặc điểm không đúng với tia α: Có xuyên qua được tờ bìa dày cỡ 8cm. **Chọn D**

7. Đặc điểm không đúng với tia β: Có thể đi được quãng đường dài hàng ngàn mét trong không khí. Chọn C

8. Sắp xếp đúng: Tia γ – Tia β – Tia α. **Chọn D**

9. Sau thời gian t, số hạt phóng xạ còn lại tính bởi: $N(t) = N_0 . e^{-\frac{0,693}{T}t}$. **Chọn D**

10. Sau thời gian t, khối lượng m của chất phóng xạ còn lại tính theo công thức $m(t) = m_0 e^{-\lambda t}$. **Chọn B**

11. Thông tin sai: Trong quá trình phân rã, độ phóng xạ luôn không đổi theo thời gian. **Chọn C**

12. Thông tin sai: Tổng năng lượng nghỉ của các hạt tương tác bằng tổng năng lượng nghỉ của các hạt sản phẩm. **Chọn C**

13. Phương trình sai: $^{30}_{15}P \rightarrow {}^{30}_{14}Si + {}^{0}_{-1}e^{-}$.

    Phương trình đúng là $^{30}_{15}P \rightarrow {}^{30}_{14}Si + {}^{0}_{+1}e^{+}$. **Chọn D**

14. Phản ứng A + B = C + D thuộc loại phản ứng thu năng lượng nếu $m_A + m_B < m_C + m_D$. **Chọn A**

15. Sự phân hạch là phản ứng hạt nhân mà trong đó một hạt nhân rất nặng hấp thụ một nơtrôn và vỡ thành hai hạt nhân có số khối A vào loại trung bình. **Chọn C**

16. Thông tin sai: Phản ứng sinh ra rất nhiều electrôn và nơtrôn có động năng lớn. **Chọn B**

17. Câu sai: Phản ứng tổng hợp hạt nhân là phản ứng mà trong đó hai hạt nhân rất nặng tương tác với nhau tạo thành những hạt nhân nhẹ hơn. **Chọn A**

18. Câu sai: Năng lượng của mặt trời có được từ một chu trình duy nhất đó là chu trình cacbon-nitơ. **Chọn C**

19. Phản ứng rút gọn của chu trình cacbon-nitơ:

    $4\,^{1}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + 2\,^{0}_{1}e^{+} + 2\nu + 3\gamma + 26,8MeV$. **Chọn A**

20. Phản ứng nhiệt hạch chỉ xảy ra khi phản ứng kết hợp hạt nhân diễn ra trong môi trường có nhiệt độ rất cao. **Chọn C**

Chương X. TỪ VI MÔ ĐẾN VĨ MÔ

Bài 58 CÁC HẠT SƠ CẤP

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Hạt sơ cấp

Cho đến nay người ta đã phát hiện được các hạt có kích thước và khối lượng rất nhỏ, chẳng hạn như êlectron, prôtôn, nơtron, mêzôn, muyôn, piôn. Tất cả các hạt này được gọi là các hạt sơ cấp (còn gọi là các hạt cơ bản). Nói chung hạt sơ cấp nhỏ hơn hạt nhân nguyên tử.

2. Các đặc trưng của hạt sơ cấp

a) Khối lượng nghỉ m_0

Phôtôn có khối lượng nghỉ bằng không. Ngoài phôtôn, trong tự nhiên còn có các hạt khác có khối lượng nghỉ bằng không, như hạt nơtrinô ν_e, hạt gravitôn. Thay cho m_0 người ta còn thường dùng đại lượng đặc trưng là năng lượng nghỉ E_0 tính theo hệ thức Anh-xtanh $E_0 = m_0c^2$.

b) Điện tích

Hạt sơ cấp có thể có điện tích Q = +1 (tính theo đơn vị đo là điện tích nguyên tố e), hoặc Q = −1, hoặc Q = 0 (hạt trung hoà).

Q được gọi là số lượng tử điện tích, biểu thị tính gián đoạn của độ lớn điện tích các hạt.

c) Spin

Một hạt sơ cấp khi đứng yên cũng có momen động lượng riêng và momen từ riêng. Các momen này được đặc trưng bằng số lượng tử spin.

Mômen động lượng riêng của hạt bằng $s\dfrac{h}{2\pi}$ (h là hằng số Plăng).

Chẳng hạn prôtôn, nơtron, có spin $s = \dfrac{1}{2}$, nhưng phôtôn có spin bằng 1, piôn có spin bằng 0.

d) Thời gian sống trung bình

Trong số các hạt sơ cấp, chỉ có 4 hạt không phân rã thành các hạt khác, gọi là các hạt bền (prôtôn, êlectron, phôtôn, nơtrinô). Tất cả các hạt khác là các hạt không bền và phân rã thành các hạt khác. Trừ nơtron có thời gian sống dài, khoảng 932s, các hạt không bền khác đều có thời gian sống rất ngắn, từ 10^{-24}s đến 10^{-6}s.

3. Phản hạt

– Phần lớn các hạt sơ cấp đều tạo thành cặp, mỗi cặp gồm hai hạt có khối lượng nghỉ m_0 và spin s như nhau, nhưng chúng có điện tích Q bằng nhau về độ lớn và trái dấu. Chẳng hạn, êlectron và pôzitrôn có cùng khối lượng nghỉ bằng m_e và spin bằng $\dfrac{1}{2}$, nhưng có điện tích tương ứng bằng +1 và −1, tạo thành một cặp.

Trong mỗi cặp, có một hạt và một phản hạt của hạt đó.

– Trong các quá trình tương tác của các hạt sơ cấp, có thể xảy ra hiện tượng huỷ một cặp "hạt + phản hạt" có khối lượng nghỉ khác không thành các phôtôn, hoặc cùng một lúc sinh ra một cặp "hạt + phản hạt" từ những phôtôn.

Ví dụ như quá trình huỷ cặp hoặc sinh cặp "êlectron + pôzitrôn":

$$e^{+} + e^{-} \rightarrow \gamma + \gamma \text{ và } \gamma + \gamma \rightarrow e^{+} + e^{-}$$

4. Phân loại hạt sơ cấp

a) ***Phôtôn*** (lượng tử ánh sáng) có $m_0 = 0$.

b) ***Leptôn*** gồm các hạt nhẹ như êlectron, muyôn (μ^{+}, μ^{-}), các hạt tau (τ^{+}, τ^{-})...

c) ***Mêzôn*** gồm các hạt có khối lượng trung bình trong khoảng $(200 \div 900)\ m_e$, gồm hai nhóm : mêzôn π và mêzôn K.

d) ***Barion*** gồm các hạt nặng có khối lượng bằng hoặc lớn hơn khối lượng prôtôn. Có hai nhóm barion là nuclôn và hipêrôn, cùng các phản ứng hạt của chúng. Năm 1964 người ta đã tìm ra một hipêrôn mới đó là hạt ômêga trừ (Ω^{-}).

Tập hợp các mêzôn và các barion có tên chung là các hađrôn.

5. Tương tác của các hạt sơ cấp

Có bốn loại tương tác cơ bản đối với các hạt sơ cấp :

a) Tương tác hấp dẫn

Đó là tương tác giữa các hạt vật chất có khối lượng. Bán kính tác dụng của lực hấp dẫn lớn vô cùng, nhưng so với các tương tác khác thì cường độ của tương tác hấp dẫn là rất nhỏ.

b) Tương tác điện từ

Đó là tương tác giữa các hạt mang điện, giữa các vật tiếp xúc gây nên ma sát... Cơ chế tương tác điện từ là sự trao đổi phôtôn giữa các hạt mang điện. Bán kính tác dụng của tương tác điện từ xem như lớn vô hạn. Tương tác điện từ mạnh hơn tương tác hấp dẫn khoảng 10^{37} lần.

c) Tương tác yếu

Đó là tương tác chịu trách nhiệm trong phân rã β. Chẳng hạn, phân rã β^{-} là do tương tác yếu của bốn hạt nơtron, prôtôn, êlectron và phản nơtrinô theo phương trình: $n \rightarrow p + e^{-} + \tilde{\nu}$.

Tương tác yếu có bán kính tác dụng cỡ 10^{-18} m và có cường độ nhỏ hơn tương tác điện từ 10^{12} lần.

d) Tương tác mạnh

Đó là tương tác giữa các hađrôn, như tương tác giữa các nuclôn trong hạt nhân, cũng như tương tác dẫn đến sự sinh hạt hađrôn trong các quá trình va chạm của các hađrôn. Tương tác mạnh lớn hơn tương tác điện từ trên 100 lần và có bán kính tác dụng cỡ 10^{-15} m (bằng kích thước hạt nhân).

6. Hạt quac (quark)

Năm 1964 nhà vật lí học Ghen - Man đã nêu ra giả thuyết : Tất cả các hađrôn đều cấu tạo từ các hạt nhỏ hơn, gọi là quac.

– Có sáu hạt quac kí hiệu là u, d, s, c, b và t. Cùng với các quac, có 6 phản quac với điện tích có dấu ngược lại. Điều kì lạ là điện tích các hạt quac bằng $\pm\frac{e}{3}, \pm\frac{2e}{3}$.

Các hạt quac đã được quan sát thấy trong thí nghiệm, nhưng đều ở trạng thái liên kết; chưa quan sát được hạt quac tự do.

Cho đến nay, hầu hết các nhà vật lí đều thừa nhận sự tồn tại của hạt quac và như vậy, các hạt thực sự là sơ cấp (hiểu theo nghĩa là hạt không thể tách được thành các phần nhỏ hơn) chỉ gồm các quac, các leptôn và các hạt truyền tương tác.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Nêu những đặc trưng của các hạt sơ cấp.
2. So sánh năng lượng liên kết của êlectron trong nguyên tử hiđrô và năng lượng liên kết của một prôtôn trong hạt nhân ^4_2He.
3. Nêu những đặc trưng của các hạt sơ cấp và các tương tác cơ bản giữa các hạt sơ cấp.
4. Phân loại các tương tác sau :

a) lực ma sát;	b) lực liên kết hóa học;
c) trọng lực;	d) lực Lo-ren;
e) lực hạt nhân;	f) lực liên kết trong phân rã β.

5. Leptôn là gì ? Đặc tính chung của các leptôn. Các leptôn tham gia những quá trình tương tác nào ?
6. Nêu các loại hạt sơ cấp và giả thuyết về sự tồn tại của quac.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Các đặc trưng chính của hạt sơ cấp bao gồm:

   – Khối lượng nghỉ (m_0): Tuỳ vào loại hạt mà khối lượng nghỉ của chúng có thể bằng 0 hoặc khác 0. Thay cho m_0 người ta còn dùng đại lượng đặc trưng là năng lượng nghỉ E_0 ($E_0 = m_0c^2$).

   – Điện tích: Hạt sơ cấp có thể có điện tích Q = +1 (tính theo đơn vị đo là điện tích nguyên tố e), hoặc Q = –1, hoặc Q = 0 (hạt trung hoà). Q gọi là số lượng tử điện tích, biểu thị tính gián đoạn của độ lớn điện tích của các hạt.

   – Spin: Một hạt sơ cấp khi đứng yên cũng có momen động lượng riêng và momen từ riêng. Các momen này được đặc trưng bằng số lượng tử spin (s).

   Mômen động lượng riêng của hạt bằng $s\frac{h}{2\pi}$ (với h là hằng số Plăng).

   – Thời gian sống trung bình: Trong số các hạt sơ cấp, chỉ có 4 hạt không phân rã thành các hạt khác, gọi là các hạt bền (prôtôn, êlectron, phôtôn, nơtrinô). Tất cả các hạt khác là các hạt không bền và phân rã thành các hạt khác. Trừ nơtron có thời gian sống dài, khoảng 932s, các hạt không bền khác đều có thời gian sống rất ngắn, từ 10^{-24}s đến 10^{-6}s.

2. Năng lượng liên kết của êlectron trong nguyên tử hiđrô nhỏ hơn rất nhiều so với năng lượng liên kết của một prôtôn trong hạt nhân ^4_2He, vì tương tác giữa êlectrôn và hạt nhân trong nguyên tử hiđrô là tương tác điện từ, còn tương tác của các nuclôn trong hạt nhân là tương tác mạnh.

3. Có bốn loại tương tác cơ bản đối với các hạt sơ cấp :

– Tương tác hấp dẫn là tương tác giữa các hạt vật chất có khối lượng. Bán kính tác dụng của lực hấp dẫn lớn vô cùng, nhưng so với các tương tác khác thì cường độ của tương tác hấp dẫn là rất nhỏ.

– Tương tác điện từ là tương tác giữa các hạt mang điện, giữa các vật tiếp xúc gây nên ma sát... Bán kính tác dụng của tương tác điện từ xem như lớn vô hạn. Tương tác điện từ mạnh hơn tương tác hấp dẫn khoảng 10^{37} lần.

– Tương tác yếu là tương tác chịu trách nhiệm trong phân rã β. Bán kính tác dụng cỡ 10^{-18} m và có cường độ nhỏ hơn tương tác điện từ 10^{12} lần.

– Tương tác mạnh là tương tác giữa các hađrôn, như tương tác giữa các nuclôn trong hạt nhân, cũng như tương tác dẫn đến sự sinh hạt hađrôn trong các quá trình va chạm của các hađrôn. Tương tác mạnh lớn hơn tương tác điện từ trên 100 lần và có bán kính tác dụng cỡ 10^{-15} m (bằng kích thước hạt nhân).

4. a) Lực ma sát: Tương tác điện từ.

b) Lực liên kết hóa học: Tương tác điện từ.

c) Trọng lực: Tương tác hấp dẫn.

d) Lực Lo-ren: Tương tác điện từ.

e) Lực hạt nhân: Tương tác mạnh.

f) Lực liên kết trong phân rã β: Tương tác yếu.

5. Leptôn là một loại hạt sơ cấp. Đó là những hạt nhẹ, có khối lượng từ 0 đến $200m_e$ như các hạt nơtrinô, êlectron, pôzitron, mêzôn μ.

Các leptôn tham gia những quá trình tương tác yếu, chẳng hạn như quá trình phân rã $\beta^{\pm}$: $p \rightarrow n + e^{+} + \nu_e$; $n \rightarrow p + e^{-} + \overline{\nu}_e$.

6. * Nếu sắp xếp các hạt sơ cấp đã biết theo khối lượng nghỉ m_0 tăng dần, thì có thể chia các hạt sơ cấp thành các loại sau:

– *Phôtôn* (lượng tử ánh sáng) có $m_0 = 0$.

– *Leptôn* gồm các hạt nhẹ như êlectron, muyôn (μ^{+}, μ^{-}), các hạt tau (τ^{+}, τ^{-})...

– *Mêzôn* gồm các hạt có khối lượng trung bình trong khoảng $(200 \div 900)\ m_e$, gồm hai nhóm : mêzôn π và mêzôn K.

– *Barion* gồm các hạt nặng có khối lượng bằng hoặc lớn hơn khối lượng prôtôn. Có hai nhóm barion là nuclôn và hipêrôn, cùng các phản ứng hạt của chúng. Năm 1964 người ta đã tìm ra một hipêrôn mới đó là hạt ômêga trừ (Ω^{-}) .

Tập hợp các mêzôn và các barion có tên chung là các hađrôn.

* Giả thuyết:

– Tất cả các hađrôn đều cấu tạo từ các hạt nhỏ hơn, gọi là quac.

– Có sáu hạt quac kí hiệu là u, d, s, c, b và t. Cùng với các quac, có 6 phản quac với điện tích có dấu ngược lại. Điện tích các hạt quac bằng $\pm\frac{e}{3}$, $\pm\frac{2e}{3}$.

Bài 59 MẶT TRỜI. HỆ MẶT TRỜI

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Cấu tạo và chuyển động của Hệ Mặt Trời

a) Hệ Mặt Trời bao gồm

– Mặt Trời ở trung tâm Hệ (và là thiên thể duy nhất nóng sáng).

– Tám hành tinh lớn; quanh đa số các hành tinh này còn có các vệ tinh chuyển động (Trái Đất có một vệ tinh là Mặt Trăng).

– Các hành tinh tí hon gọi là tiểu hành tinh, các sao chổi, thiên thạch ...

Nếu kể từ Mặt Trời ra xa, thì 8 hành tinh lớn lần lượt có tên gọi là: Thuỷ tinh (còn gọi là Sao Thuỷ), Kim tinh (Sao Kim), Trái Đất, Hoả tinh (Sao Hoả), Mộc tinh (Sao Mộc), Thổ tinh (Sao Thổ), Thiên vương tinh (hay Thiên tinh) và Hải vương tinh (hay Hải tinh).

b) Chuyển động của các hành tinh

Tất cả các hành tinh đều chuyển động quanh Mặt Trời theo cùng một chiều (chiều thuận) và gần như trong cùng một mặt phẳng. Mặt Trời và các hành tinh đều tự quay quanh mình nó và đều quay theo chiều thuận (trừ Kim tinh).

2. Mặt Trời

a) Cấu trúc của Mặt Trời

Nhìn tổng quát, Mặt Trời được cấu tạo thành hai phần là quang cầu và khí quyển.

- ***Quang cầu***

Nhìn từ Trái Đất ta thấy Mặt Trời có dạng một đĩa sáng tròn với bán kính góc 16 phút. Khối cầu nóng sáng này được gọi là quang cầu (còn gọi là quang quyển, có bán kính khoảng 7.10^5 km).

Khối lượng riêng trung bình của vật chất trong quang cầu là 1400 kg/m^3, nhiệt độ hiệu dụng của quang cầu vào khoảng 6000K, còn nhiệt độ trong lòng Mặt Trời vào cỡ trên chục triệu độ.

- ***Khí quyển Mặt Trời***

Bao quanh quang cầu có khí quyển mặt trời. Khí quyển mặt trời được cấu tạo chủ yếu bởi hiđrô, heli... Vì có nhiệt độ rất cao nên khí quyển có đặc tính rất phức tạp. Khí quyển được phân ra hai lớp có tính chất vật lí khác nhau là sắc cầu và nhật hoa.

b) Năng lượng của Mặt Trời

Mặt Trời liên tục bức xạ năng lượng ra xung quanh. Lượng năng lượng bức xạ của Mặt Trời truyền vuông góc tới một đơn vị diện tích cách nó một đơn vị thiên văn trong một đơn vị thời gian được gọi là hằng số Mặt Trời H. Kết quả đo hằng số Mặt Trời từ nhiều năm nay cho thấy trị số của H không thay đổi theo thời gian.

c) Sự hoạt động của Mặt Trời

– Qua các ảnh chụp Mặt Trời trong nhiều năm người ta thấy quang cầu sáng không đều, có cấu tạo dạng hạt, gồm những hạt sáng biến đổi trên nền tối, do sự đối lưu từ trong lòng Mặt Trời đi lên mà thành. Tuỳ theo thời kì còn xuất hiện nhiều dấu vết khác như vết đen, bùng sáng, tia lửa.

– Năm Mặt Trời có nhiều vết đen nhất xuất hiện được gọi là Năm Mặt Trời hoạt động. Năm Mặt Trời có ít vết đen xuất hiện nhất gọi là Năm Mặt Trời tĩnh.

– Hoạt động của Mặt Trời diễn ra theo chu kì và có liên quan đến số vết đen trên Mặt Trời. Chu kì hoạt động của Mặt Trời vào khoảng 11 năm.

3. Trái Đất

Trái Đất chuyển động quanh Mặt Trời theo một quỹ đạo gần tròn. Trục quay của Trái Đất quanh mình nó nghiêng trên mặt phẳng quỹ đạo một góc $23^0 27'$.

a) Cấu tạo của Trái Đất

Trái Đất có dạng phỏng cầu (hơi dẹt ở hai cực), bán kính ở xích đạo bằng 6378 km, bán kính ở hai cực bằng 6357 km. Khối lượng riêng trung bình là 5520 kg/m^3. Người ta cho rằng Trái Đất có một lõi bán kính vào khoảng 3000 km, có cấu tạo bởi chủ yếu là sắt, niken (nhiệt độ ở phần này vào khoảng 3000 – 4000^0C). Bao quanh lõi là lớp trung gian, và ngoài cùng là lớp vỏ dày khoảng 35 km được cấu tạo chủ yếu bởi đá granit. Vật chất ở trong vỏ có khối lượng riêng 3300 kg/m^3.

b) Mặt Trăng - vệ tinh của Trái Đất

Mặt Trăng cách Trái Đất 384000 km bán kính 1738 km, có khối lượng $7,35.10^{22}$ kg. Gia tốc trọng trường trên Mặt Trăng là $1,63 m/s^2$. Mặt Trăng chuyển động quanh Trái Đất với chu kì 27,32 ngày. Trong khi chuyển động quanh Trái Đất, Mặt Trăng còn quay quanh trục của nó với chu kì đúng bằng chu kì chuyển động quanh Trái Đất. Do chiều tự quay cùng chiều với chiều quay quanh Trái Đất, nên Mặt Trăng luôn hướng một nửa nhất định của nó về phía Trái Đất. Trên Mặt Trăng không có khí quyển.

Bề mặt Mặt Trăng được phủ một lớp vật chất xốp. Trên bề mặt Mặt Trăng có các dãy núi cao, có các vùng bằng phẳng được gọi là biển (biển đá), đặc biệt là có rất nhiều lỗ tròn ở trên các đỉnh núi (có thể đó là miệng núi lửa đã tắt, hoặc vết tích va chạm của các thiên thạch).

Nhiệt độ trong một ngày đêm trên Mặt Trăng chênh lệch nhau rất lớn ; ở vùng xích đạo của Mặt Trăng, nhiệt độ lúc giữa trưa là trên 100^0C nhưng lúc nửa đêm lại là -150^0C.

Mặt Trăng có nhiều ảnh hưởng đến Trái Đất mà rõ rệt nhất là gây ra hiện tượng thuỷ triều. Cần lưu ý rằng khí quyển Trái Đất cũng bị tác dụng của lực "triều", dâng lên và hạ xuống với biên độ lớn hơn biên độ của thuỷ triều rất nhiều lần.

4. Các hành tinh khác. Sao chổi. Thiên thạch

Trong Hệ Mặt Trời, các hành tinh khác nhau thì có những đặc trưng khác nhau. Từ đặc điểm về khối lượng và kích thước, người ta thường chia các hành tinh làm hai nhóm là nhóm Trái Đất gồm Trái Đất, Thuỷ tinh, Kim tinh, Hoả tinh là những hành tinh ở gần Mặt Trời, có kích thước nhỏ nhưng có khối lượng riêng lớn và nhóm Mộc tinh gồm Mộc tinh, Thổ tinh, Thiên tinh, Hải tinh là những hành tinh ở xa Mặt Trời, có kích thước rất lớn nhưng có khối lượng riêng nhỏ. Nhóm Mộc tinh có nhiệt độ thấp (thường dưới -100^0C) và được cấu tạo chủ yếu bởi các nguyên tố nhẹ.

Sao chổi

Sao chổi là loại "hình tinh" chuyển động quanh Mặt Trời theo những quỹ đạo elip rất dẹt. Đặc điểm của các sao chổi là có kích thước và khối lượng nhỏ (thường có đường kính vài kilômét), được cấu tạo bởi các chất dễ bốc hơi như tinh thể băng, amôniac, mêtan... Chu kì chuyển động của sao chổi quanh Mặt Trời khoảng từ vài năm đến trên 150 năm.

Thiên thạch

Thiên thạch là những khối đá chuyển động quanh Mặt Trời với tốc độ tới hàng chục km/s theo các quỹ đạo rất khác nhau. Khi một thiên thạch bay gần tới một hành tinh nào đó thì nó sẽ bị hút và xảy ra sự va chạm với hành tinh. Ban đêm, ta có thể nhìn thấy những vệt sáng kéo dài vút trên nền trời, gọi là sao băng. Đó chính là các thiên thạch bay vào khí quyển của Trái Đất, bị ma sát mạnh, nóng sáng và bốc cháy.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Hệ Mặt Trời bao gồm các loại thiên thể nào ? Nêu vắn tắt cấu trúc của Mặt Trời.
2. Mặt Trời có vai trò gì trong hệ Mặt Trời ?
3. Nêu vắn tắt sự hoạt động của Mặt Trời và các tác động chính của nó đối với Trái Đất.
4. Nêu những sự tương tự và những sự khác biệt về cấu trúc giữa hệ Mặt Trời và nguyên tử nêon.
5. Nêu một số đặc điểm chính của Trái Đất và Mặt Trăng.
6. Phân biệt hành tinh và vệ tinh. Hành tinh nhỏ là gì ?
7. Những hành tinh nào thuộc nhóm Trái Đất và những hành tinh nào thuộc nhóm Mộc tinh? Nêu những đặc điểm chung của các hành tinh trong mỗi nhóm.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. * Hệ Mặt Trời bao gồm:

– Mặt Trời ở trung tâm Hệ (và là thiên thể duy nhất nóng sáng).

– Tám hành tinh lớn; quanh đa số các hành tinh này còn có các vệ tinh chuyển động.

– Các hành tinh tí hon gọi là tiểu hành tinh, các sao chổi, thiên thạch ...

* Nhìn tổng quát, Mặt Trời được cấu tạo thành hai phần là quang cầu và khí quyển.

– Nhìn từ Trái Đất ta thấy Mặt Trời có dạng một đĩa sáng tròn với bán kính góc khoảng 16 phút. Khối cầu nóng sáng này được gọi là quang cầu có bán kính khoảng 7.10^5 km. Khối lượng riêng trung bình của vật chất trong quang cầu là $1400 kg/m^3$, nhiệt độ hiệu dụng của quang cầu vào khoảng 6000K.

– Bao quanh quang cầu có khí quyển mặt trời được cấu tạo chủ yếu bởi hiđrô, heli... Vì có nhiệt độ rất cao nên khí quyển có đặc tính rất phức tạp. Khí quyển được phân ra hai lớp có tính chất vật lí khác nhau là sắc cầu và nhật hoa.

2. Trong Hệ Mặt Trời:

– Mặt Trời là thiên thể trung tâm của hệ.

– Lực hấp dẫn của Mặt Trời đóng vai trò quyết định đến sự hình thành, phát triển và chuyển động của hệ.

– Mặt Trời là nguồn cung cấp năng lượng chính cho cả hệ.

3. * Sự hoạt động của Mặt Trời trong nhiều năm có những điểm đáng chú ý sau:

– Quang cầu sáng không đều, nó có cấu tạo dạng hạt, gồm những hạt sáng biến đổi trên nền tối, do sự đối lưu từ trong lòng Mặt Trời đi lên mà thành. Tuỳ theo thời kì còn xuất hiện nhiều dấu vết khác như vết đen, bùng sáng, tia lửa. Năm Mặt trời có nhiều vết đen nhất xuất hiện được gọi là Năm Mặt Trời hoạt động. Năm Mặt Trời có ít vết đen xuất hiện nhất gọi là Năm Mặt Trời tĩnh.

– Hoạt động của Mặt Trời diễn ra theo chu kì và có liên quan đến số vết đen trên Mặt Trời. Chu kì hoạt động của Mặt Trời vào khoảng 11 năm.

* Sự hoạt động của Mặt Trời có rất nhiều ảnh hưởng đến Trái Đất. Tia X và dòng hạt tích điện từ bùng sáng truyền tới Trái Đất gây ra nhiều tác động :

– Làm nhiễu loạn thông tin liên lạc bằng sóng vô tuyến ngắn, có trường hợp làm cho việc truyền thông tin bị mất hẳn.

– Làm cho từ trường Trái Đất biến thiên, có thể gây ra bão từ.

– Có thể ảnh hưởng đến trạng thái thời tiết trên Trái Đất, đến quá trình phát triển của các sinh vật, đến tình trạng sức khoẻ của con người sống trên Trái Đất...

4. – Sự tương tự về cấu trúc: Đều gồm một "hạt" có khối lượng rất lớn nằm tại tâm và có 10 thành viên bay xung quanh. Chuyển động của các thành viên bị chi phối bởi một lực hút xuyên tâm, có cường độ tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách.

– Sự khác biệt về cấu trúc:

+ Trong Hệ Mặt Trời, tương tác giữa Mặt Trời và các hàng tinh là tương tác hấp dẫn (lực hấp dẫn). Còn trong nguyên tử nêôn thì đó là tương tác điện từ (lực Culông)

+ Trong Hệ Mặt Trời, các hành tinh chuyển động trên các quỹ đạo xác định, còn trong nguyên tử nêôn các êlectrôn chuyển động trên các qũy đạo dừng, bán kính các qũy đạo dừng có thể thay đổi.

+ Trong Hệ Mặt Trời, 10 thành viên là khác nhau về kích thước, cấu trúc ... còn trong nguyên tử nêôn các thành viên là giống nhau và đều là các êlectrôn.

5. – Trái Đất chuyển động quanh Mặt Trời theo một quỹ đạo gần tròn. Trục quay của Trái Đất quanh mình nó nghiêng trên mặt phẳng quỹ đạo một góc $23^0 27'$. Trái Đất có dạng phỏng cầu (hơi dẹt ở hai cực), bán kính ở xích đạo bằng 6378km, bán kính ở hai cực bằng 6357km. Khối lượng riêng trung bình là $5520 kg/m^3$. Trái Đất có một lõi bán kính vào khoảng 3000km, có cấu tạo bởi chủ yếu là sắt, niken (nhiệt độ ở phần này vào khoảng 3000 – 4000^0C). Bao quanh lõi là lớp trung gian, và ngoài cùng là lớp vỏ dày khoảng 35km được cấu tạo chủ yếu bởi đá granit. Vật chất ở trong vỏ có khối lượng riêng $3300\ kg/m^3$.

– Mặt Trăng cách Trái Đất 384000km, bán kính 1738km, có khối lượng $7,35.10^{22}kg$. Gia tốc trọng trường trên Mặt Trăng là $1,63 m/s^2$. Mặt Trăng chuyển động quanh Trái Đất với chu kì 27,32 ngày. Trong khi chuyển động quanh Trái Đất, Mặt Trăng còn quay quanh trục của nó với chu kì đúng bằng chu kì chuyển động quanh Trái Đất. Chiều tự quay của Mặt Trăng cùng chiều với chiều quay quanh Trái Đất, nên Mặt Trăng luôn hướng một nửa nhất định của nó về phía Trái Đất. Trên Mặt Trăng không có khí quyển. Bề mặt Mặt Trăng được phủ một lớp vật chất xốp. Trên bề mặt có các dãy núi cao, có các vùng bằng phẳng được gọi là biển (biển đá), đặc biệt là có rất nhiều lỗ tròn ở trên các đỉnh núi (có thể đó là miệng núi lửa đã tắt, hoặc vết tích va chạm của các thiên thạch). Nhiệt độ trong một ngày đêm trên Mặt Trăng chênh lệch nhau rất lớn: ở vùng xích đạo nhiệt độ lúc giữa trưa là trên 100^0C nhưng lúc nửa đêm lại là -150^0C.

6. – Hành tinh là những thiên thể bay xung quanh Mặt Trời, còn vệ tinh là những thiên thể nhỏ bay xung quanh các hành tinh. Chẳng hạn, Trái Đất quay quanh Mặt Trời nên Trái đất gọi là hành tinh, Mặt Trăng bay quanh Trái Đất nên gọi là vệ tinh của Trái Đất.

– Hành tinh nhỏ là những thiên thể có kích thước nhỏ, quay quanh Mặt Trời. Người ta đã phát hiện ra bốn hành tinh có đường kính vài trăm kilômét và rất nhiều các hành tinh có bán kính từ vài kilômét đến vài chục kilômét chuyển động quanh Mặt Trời trên các quỹ đạo có bán kính từ 2,2 đến 3,6 đvtv. Các hành tinh nhỏ có thể là mảnh vỡ của một hành tinh lớn nào đó.

7. – Các hành tinh nhóm Trái Đất gồm: Thủy tinh, Kim tinh, Trái Đất và Hoả tinh. Chúng có đặc điểm chung là có kích thước nhỏ (so với các hành tinh khác trong hệ), nhưng là các hành tinh rắn, có khối lượng riêng tương đối lớn. Mỗi hành tinh trong nhóm chỉ có rất ít hoặc không có vệ tinh. Các hành tinh nhóm này nằm gần Mặt Trời nên có nhiệt độ bề mặt tương đối cao.

– Các hành tinh nhóm Mộc tinh gồm: Mộc tinh, Thổ tinh, Hải vương tinh và Thiên vương tinh. Chúng có đặc điểm chung là có kích thước lớn (so với các hành tinh khác trong hệ), khối lượng riêng của chúng rất nhỏ. Có thể chúng là một khối khí, hoặc một nhân rắn hoặc lỏng, bao bọc xung quanh một lớp khí rất dày. Mỗi hành tinh trong nhóm có rất nhiều vệ tinh. Ngoài ra xung quanh chúng có một vành đai rất rộng và rất mỏng tạo bởi các hạt bụi. Các hành tinh này nằm ở rất xa Mặt Trời nên nhiệt độ bề mặt của chúng rất thấp (thường xuyên dưới âm 100°C).

Bài 60-61 SAO. THIÊN HÀ. THUYẾT BIG BANG

A. KIẾN THỨC CƠ BẢN

1. Sao

Sao là một khối khí nóng sáng, giống như Mặt Trời. Vì các sao ở xa nên ta thấy chúng như những điểm sáng. Xung quanh một số sao còn có các hành tinh chuyển động, giống như hệ Mặt Trời.

2. Các loại sao

Đa số các sao tồn tại trong trạng thái ổn định, có kích thước, nhiệt độ... không đổi trong một thời gian dài. Mặt Trời là một trong số các sao này. Ngoài ra, người ta đã phát hiện thấy có một số sao đặc biệt.

- ***Sao biến quang***

Sao biến quang là sao có độ sáng thay đổi. Có hai loại là sao biến quang do che khuất và sao biến quang do nén dãn.

- ***Sao mới***

Sao mới là sao có độ sáng tăng đột ngột lên hàng ngàn, hàng vạn lần, sau đó từ từ giảm. Lí thuyết cho rằng sao mới là một pha đột biến trong quá trình biến hoá của một hệ sao.

- ***Punxa, sao nơtron***

Punxa và sao nơtrôn là sao bức xạ năng lượng dưới dạng những xung sóng điện từ rất mạnh.

– Sao nơtron được cấu tạo bởi các hạt nơtron với mật độ cực kì lớn 10^{14} g/cm^3).

– Punxa (pulsar) là lõi sao nơtron (với bán kính 10 km) tự quay với vận tốc có thể tới 640 vòng/s và phát ra sóng điện từ mạnh. Bức xạ thu được trên Trái Đất có dạng từ xung sáng giống như ánh sáng của một ngọn hải đăng mà tàu biển nhận được.

– Ngoài ra, trong hệ thống các thiên thể trong vũ trụ còn có lỗ đen và tinh vân.

3. Thiên hà

Các sao tồn tại trong vũ trụ thành những hệ thống tương đối độc lập đối với nhau. Mỗi hệ thống như vậy gồm hàng trăm tỉ sao, được gọi là thiên hà.

a) Các loại thiên hà

Qua các kính thiên văn, các thiên hà hiện ra dưới nhiều dạng. Tuy nhiên, về đại thể có ba loại thiên hà chính là thiên hà xoắn ốc, thiên hà elíp và thiên hà không định hình

Đường kính của các thiên hà vào khoảng 100000 năm ánh sáng.

b) Thiên Hà của chúng ta. Ngân hà

– Thiên Hà của chúng ta là loại thiên hà xoắn ốc, có đường kính khoảng 100 nghìn năm ánh sáng và có khối lượng bằng khoảng 150 tỉ khối lượng Mặt Trời. Nó là một hệ phẳng giống như một cái đĩa, dày khoảng 330 năm ánh sáng, chứa vài trăm tỉ ngôi sao. Hệ Mặt Trời nằm trong một cánh tay xoắn ở rìa Thiên Hà, cách trung tâm khoảng 30 nghìn năm ánh sáng và quay quanh tâm Thiên Hà với tốc độ khoảng 250km/s .

– Từ Trái Đất, chúng ta chỉ nhìn được hình chiếu của Thiên Hà trên vòm trời, như một dải sáng trải ra trên bầu trời đêm, thường được gọi là dải Ngân Hà. Mặt phẳng trung tâm của dải Ngân Hà trở nên tối do một lần bụi dài. Vào đầu đêm mùa hè ta thấy dải Ngân Hà nằm trên nền trời sao theo hướng Đông Bắc - Tây Nam.

c) Nhóm thiên hà. Siêu nhóm thiên hà

– Trong vũ trụ, các thiên hà có xu hướng hợp lại với nhau thành nhóm gồm vài chục đến vài trăm nghìn thiên hà. Thiên Hà của chúng ta và các thiên hà lân cận khác thuộc về Nhóm thiên hà địa phương.

– Các nhóm thiên hà lại tập hợp thành Siêu nhóm thiên hà hay Đại thiên hà.

4. Các thuyết về Vũ trụ

Khi nghiên cứu nguồn gốc và sự tiến hoá của Vũ trụ (Vũ trụ luận), đã có hai trường phái khác nhau.

– Một trường phái cho rằng vũ trụ ở trong "trạng thái ổn định", vô thuỷ vô chung, không thay đổi từ quá khứ đến tương lai. Vật chất được tạo ra một cách liên tục.

– Trường phái khác lại cho rằng Vũ trụ được tạo ra bởi một vụ nổ "cực lớn, mạnh" cách đây khoảng 14 tỉ năm, hiện nay đang dãn nở và loãng dần. Vụ nổ nguyên thuỷ này được đặt tên là Big Bang (Vụ nổ lớn).

Các sự kiện thiên văn quan trọng mà giới khoa học thu được đã minh chứng cho tính đúng đắn của Thuyết Big Bang.

5. Thuyết vụ nổ lớn (Big Bang)

Theo thuyết Big Bang, vũ trụ bắt đầu dãn nở từ một "điểm kì dị". Các kết quả nghiên cứu của vật lí học hiện đại cho thấy, tại thời điểm $t_p = 10^{-43}$s sau Vụ nổ lớn (gọi là thời điểm Plăng), vũ trụ có kích thước là 10^{-35}m, nhiệt độ 10^{32}K và mật độ là 10^{91}kg/cm^3. Các trị số cực nhỏ và cực lớn này, được gọi là trị số Plăng (vì chúng được tính ra từ hằng số cơ bản Plăng h). Các số này được coi là đã miêu tả đầy đủ và đúng những điều kiện lí hoá ban đầu của vũ trụ nguyên thuỷ. Từ thời điểm này Vũ trụ dãn nở rất nhanh, nhiệt độ của Vũ trụ giảm dần. Tại thời điểm Plăng, Vũ trụ bị tràn ngập bởi các hạt có năng lượng cao như êlectron, nơtrinô và quac. Năng lượng trong Vũ trụ tại thời điểm Plăng ít nhất phải bằng 10^{15} GeV.

Ba phút sau đó mới xuất hiện các hạt nhân nguyên tử đầu tiên.

Ba trăm nghìn năm sau mới xuất hiện các nguyên tử đầu tiên.

Ba triệu năm sau mới xuất hiện các sao và thiên hà.

Tại thời điểm t = 14 tỉ năm, vũ trụ ở trạng thái hiện nay, với nhiệt độ trung bình T = 2,7 K.

Những sự kiện và những số liệu đã nêu trên đây chưa phải là hoàn toàn chính xác, còn có những chỗ sẽ phải bổ sung hoặc hiệu chỉnh. Tuy nhiên, về đại thể, quá trình trên đây được coi là đáng tin cậy.

Thuyết Big Bang chưa giải thích được hết các sự kiện quan trọng trong vũ trụ và đang được các nhà vật lí thiên văn phát triển và bổ sung.

B. CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP VẬN DỤNG

1. Sao là gì ? Nêu những đặc trưng chính của sao. Nêu vắn tắt một số loại sao đặc biệt.
2. Sao chổi, thiên thạch, sao băng là gì ? Sao băng có phải là một thành viên của hệ Mặt Trời hay không ?
3. Thiên Hà là gì ? Nêu các loại thiên hà và nêu những thành viên của một thiên hà.
4. Thiên Hà của chúng ta thuộc loại gì? Trình bày sơ lược về Thiên Hà của chúng ta. Hệ Mặt Trời ở vị trí nào trong Thiên Hà của chúng ta ?
5. Có phải tất cả các sao mà ta nhìn thấy từ Trái Đất đều thuộc Ngân Hà hay không? Tại sao các sao nằm ngoài dải Ngân Hà cũng thuộc Ngân Hà?
6. Khoảng cách từ Mặt Trăng và trái đất đến Mặt Trời coi như bằng nhau. Khoảng cách từ Mặt Trời đến Trái Đất coi như bằng 300 lần khoảng cách từ Mặt Trăng đến Trái Đất. Khối lượng Mặt Trời coi như bằng 300000 lần khối lượng Trái Đất. Xét các lực hấp dẫn mà Mặt Trời và Trái Đất tác dụng lên Mặt Trăng. Lực nào lớn hơn và lớn hơn bao nhiêu?
7. Nêu hai sự kiện thiên văn quan trọng xác nhận tính đúng đắn của thuyết Big Bang.
8. Nêu vắn tắt một số điều xảy ra ở các thời điểm quan trọng sau Vụ nổ lớn.

C. HƯỚNG DẪN VÀ ĐÁP SỐ

1. Sao là một khối khí nóng sáng, giống như Mặt Trời.

Các đặc trưng chính:

– Đa số các sao tồn tại trong trạng thái ổn định, có kích thước, nhiệt độ ... không đổi trong một thời gian dài.

– Độ sáng của các sao rất khác nhau, phụ thuộc vào công suất bức xạ của nó.

* Các loại sao đặc biệt:

– *Sao biến quang* là sao có độ sáng thay đổi. Có hai loại là sao biến quang do che khuất và sao biến quang do nén dãn.

– *Sao mới* là sao có độ sáng tăng đột ngột lên hàng ngàn, hàng vạn lần, sau đó từ từ giảm.

– *Punxa* và sao *nơtrôn* là sao bức xạ năng lượng dưới dạng những xung sóng điện từ rất mạnh. Sao nơtron được cấu tạo bởi các hạt nơtron với mật độ cực kì lớn 10^{14} g/cm^3). Punxa (pulsar) là lõi sao nơtron (với bán kính 10km) tự quay với vận tốc có thể tới 640 vòng/s và phát ra sóng điện từ mạnh.

2. – Sao chổi là những khối khí đóng băng lẫn với đá, có đường kính vài kilômét, chuyển động xung quanh Mặt Trời theo những quỹ đạo hình elip rất dẹt mà Mặt Trời là một tiêu điểm.

   – Thiên thạch thực chất là những tảng đá chuyển động quanh Mặt Trời.

   – Sao băng thực chất là một thiên thạch bay vào bầu khí quyển của Trái Đất, nó sẽ bị ma sát mạnh, nóng sáng và bốc cháy, để lại một vết sáng dài. Những thiên thạch khi bay vào vùng khí quyển của Trái Đất và bốc cháy (gọi là sao băng) thì không còn chuyển động quanh Mặt Trời được nữa, nên lúc đó không thể coi nó là một thành viên trong hệ Mặt Trời được.

3. – Thiên hà là hệ thống gồm hàng trăm tỉ sao, tồn tại tương đối độc lập đối với nhau trong vũ trụ.

   – Về đại thể có ba loại thiên hà chính là thiên hà xoắn ốc, thiên hà elíp và thiên hà không định hình.

   – Thành viên của một thiên hà là các loại sao và tinh vân.

4. Thiên Hà của chúng ta là loại thiên hà xoắn ốc, có đường kính khoảng 100 nghìn năm ánh sáng và có khối lượng bằng khoảng 150 tỉ khối lượng Mặt Trời. Nó là một hệ phẳng giống như một cái đĩa, dày khoảng 330 năm ánh sáng, chứa vài trăm tỉ ngôi sao.

   Hệ Mặt Trời nằm trong một cánh tay xoắn ở rìa Thiên Hà, cách trung tâm khoảng 30 nghìn năm ánh sáng và quay quanh tâm Thiên Hà với tốc độ khoảng 250km/s .

5. – Tất cả các sao mà ta nhìn thấy từ Trái Đất đều thuộc về Thiên Hà của chúng ta (Ngân Hà).

   – Hệ Mặt Trời gần như nằm trên mặt phẳng đi qua tâm và vuông góc với trục Ngân Hà, như vậy xung quanh chúng ta đều có sao. Nhìn về phía tâm Ngân Hà, ta thấy một vùng dày đặc những sao; đó là hình chiếu của Ngân Hà trên nền trời và cũng là dải Ngân Hà, do đó những sao nằm ngoài dải Ngân Hà vẫn thuộc về Thiên Hà của chúng ta.

6. Gọi M_1, M_2 và m lần lượt là khối lượng Mặt Trời, Trái Đất và Mặt Trăng. R_1, R_2 là khoảng cách từ Mặt Trời và Trái đất đến Mặt Trăng.

   ta có $M_1 = 300000M_2$; $R_1 = 300R_2$.

   Lực hút do Mặt Trời: $F_1 = G\dfrac{M_1m}{R_1^2}$.

   Lực hút do Trái Đất: $F_2 = G\dfrac{M_2m}{R_2^2}$.

   Lập tỉ số $\Rightarrow \dfrac{F_1}{F_2} = \dfrac{M_1}{M_2}\dfrac{R_2^2}{R_1^2} = \dfrac{3.10^5}{9.10^4} = \dfrac{10}{3}$.

   Vậy, lực hút do Mặt Trời bằng $\dfrac{10}{3}$ lực hút do Trái Đất.

7. Hai sự kiện thiên văn quan trọng xác nhận tính đúng đắn của thuyết Big Bang là vũ trụ dãn nở và bức xạ "nền" vũ trụ.

   * *Vũ trụ dãn nở:* Các quan sát thiên văn cho thấy, số các thiên hà trong quá khứ nhiều hơn hiện nay, tức là vũ trụ không ở trong trạng thái ổn định mà đã có biến đổi: vũ trụ trong quá khứ "đặc" hơn bây giờ. Năm 1929, nhà thiên văn

học người Mĩ Hợp-bơn, dựa vào hiệu ứng Đô-ple đã phát hiện thấy rằng các thiên hà xa xăm rải rác khắp bầu trời đều lùi ra xa Hệ Mặt Trời của chúng ta, tốc độ lùi ra xa của thiên hà tỉ lệ với khoảng cách d giữa thiên hà và chúng ta theo công thức: $v = H.d$

Với H là hằng số Hớp-Bơn, $H = 1,7.10^{-2}$ m/(s.năm ánh sáng)

Phát hiện này chứng tỏ các thiên hà dịch chuyển ra xa nhau, đó là bằng chứng của sự kiện thiên văn quan trọng: Vũ trụ đang dãn nở.

* *Bức xạ "nền" Vũ trụ*: Năm 1965 hai nhà vật lí thiên văn người Mĩ, Pen-di-át và Uyn-xơn đã phát hiện ra một bức xạ "lạ" được phát đồng đều từ tứ phía trong không trung và tương ứng với bức xạ nhiệt của vật vào khoảng 2,735K (gọi tắt là bức xạ 3K). Kết quả thu được đã chứng tỏ bức xạ đó là bức xạ được phát ra từ phía trong vũ trụ (nay đã nguội) và được gọi là bức xạ "nền" vũ trụ.

8. Theo thuyết Big Bang, vũ trụ bắt đầu dãn nở từ một "điểm kì dị". Các kết quả nghiên cứu của vật lí học hiện đại cho thấy:

– Tại thời điểm $t_p = 10^{-43}$s sau Vụ nổ lớn (gọi là thời điểm Plăng), vũ trụ có kích thước là 10^{-35}m, nhiệt độ 10^{32}K và mật độ là 10^{91}kg/cm^3. Vũ trụ bị tràn ngập bởi các hạt có năng lượng cao như êlectron, nơtrinô và quac. Năng lượng trong Vũ trụ tại thời điểm Plăng ít nhất phải bằng 10^{15}GeV.

Từ thời điểm này Vũ trụ dãn nở rất nhanh, nhiệt độ của vũ trụ giảm dần.

– Ba phút sau đó mới xuất hiện các hạt nhân nguyên tử đầu tiên.

– Ba trăm nghìn năm sau mới xuất hiện các nguyên tử đầu tiên.

– Ba triệu năm sau mới xuất hiện các sao và thiên hà.

– Tại thời điểm t = 14 tỉ năm, vũ trụ ở trạng thái hiện nay, với nhiệt độ trung bình T = 2,7K.

CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM ÔN TẬP CUỐI CHƯƠNG

1. Thông tin nào sau đây là sai khi nói về đặc trưng của một số hạt sơ cấp?

A. Prôtôn có khối lượng nghỉ bằng không.

B. Năng lượng nghỉ của electrôn là 0,511MeV.

C. Số lượng tử điện tích của các hạt sơ cấp có thể bằng 1.

D. Trong số các hạt sơ cấp chỉ có 4 hạt không phân rã thành các hạt khác là prôtôn. electrôn, phôtôn và nơtrinô.

2. Electrôn là hạt sơ cấp có:

A. $m_0 = 9,1.10^{-31}$kg; $E_0 = 0,511$ MeV; $Q = -1$; $s = 1$.

B. $m_0 = 9,1.10^{-31}$kg; $E_0 = 0,511$ MeV; $Q = -1$; $s = \frac{1}{2}$.

C. $m_0 = 9,1.10^{-31}$kg; $E_0 = 0,511$ MeV; $Q = 1$; $s = \frac{1}{2}$.

D. $m_0 = 9,1.10^{-27}$kg; $E_0 = 0,511$ MeV; $Q = -1$; $s = \frac{1}{2}$.

3. Bốn hạt nào sau đây là các hạt bền, không phân rã thành các hạt khác?

A. Bozôn, prôtôn, electrôn và nơtrinô. B. Phôtôn, prôtôn, electrôn và piôn.

C. Bariôn, prôtôn, electrôn và nơtrinô. D. Phôtôn, prôtôn, electrôn và nơtrinô.

4. Trong các hạt sơ cấp, hạt và phản hạt của nó có đặc điểm nào sau đây?

A. Có khối lượng nghỉ luôn bằng 0, cùng spin và có điện tích bằng nhau về độ lớn nhưng trái dấu.

B. Có cùng năng lượng nghỉ, cùng spin và có điện tích bằng nhau về độ lớn nhưng trái dấu.

C. Có cùng khối lượng nghỉ, cùng spin và có điện tích bằng nhau về độ lớn nhưng trái dấu.

D. Có cùng khối lượng nghỉ, spin luôn bằng $\frac{1}{2}$ và có điện tích bằng nhau về độ lớn nhưng trái dấu.

5. Sắp xếp nào sau đây đúng với thứ tự giảm dần về khối lượng nghỉ của các hạt sơ cấp?

A. Bariôn – Leptôn – Phôtôn – Mêzôn.
B. Bariôn – Mêzôn – Leptôn – Phôtôn.
C. Mêzôn – Leptôn – Bariôn – Phôtôn.
D. Leptôn – Bariôn – Mêzôn – Phôtôn.

6. Electrôn, muyôn (μ^+, μ^-) và các hạt tau (τ^+, τ^-) là các hạt thuộc nhóm hạt:

A. leptôn.
B. phôtôn.
C. mêzôn.
D. bariôn.

7. Tương tác hấp dẫn xảy ra:

A. chỉ với các hạt có khối lượng rất lớn.
B. với các hạt có khối lượng.
C. chỉ với các hạt và phản hạt của nó.
D. với mọi hạt cơ bản.

8. Thông tin nào sau đây là **đúng** khi nói về hạt quac?

A. Là các hạt cấu tạo nên các leptôn.

B. Là các hạt cấu tạo nên các hạt truyền tương tác.

C. Có năng lượng nghỉ bằng năng lượng nghỉ của electrôn.

D. Có điện tích bằng $\pm\frac{e}{3}$, $\pm\frac{2e}{3}$.

9. Thông tin nào sau đây là **sai** khi nói về Hệ Mặt Trời?

A. Ngoài Mặt Trời, còn có 8 hành tinh chuyển động quanh Mặt Trời.

B. Mặt Trời là trung tâm của hệ và là một trong hai thiên thể duy nhất nóng sáng.

C. Tất cả các hành tinh đều quay quanh Mặt Trời theo cùng một chiều.

D. Hải vương tinh là hành tinh nằm xa Mặt Trời nhất.

10. Trong Hệ Mặt Trời, hành tinh nào có chu kì chuyển động quanh Mặt Trời nhỏ nhất?

A. Thiên tinh.
B. Thủy tinh.
C. Trái Đất.
D. Hoả tinh.

11. Thông tin nào sau đây là **sai** khi nói về cấu trúc của Mặt Trời?

A. Mặt Trời được cấu tạo thành hai thành phần là quang cầu và khí quyển.

B. Quang cầu của Mặt Trời có bán kính khoảng 7.10^5km và có nhiệt độ hiệu dụng vào cỡ 6000K.

C. Khí quyển của quang cầu Mặt trời chủ yếu là hyđrô, hêli ...

D. Khí quyển của Mặt Trời có hai lớp là sắc cầu và nhật hoa trong đó nhật hoa nằm sát mặt quang cầu và có nhiệt độ khoảng 4500K.

12. Sự hoạt động của Mặt Trời diễn ra theo chu kì vào khoảng:

A. 11 năm.
B. 18 năm.
C. 36 năm.
D. 50 năm.

13. Thông tin nào sau đây là **sai** khi nói về cấu tạo của Trái Đất?

A. Trái Đất có dạng phỏng cầu, bán kính ở xích đạo là 6357km, bán kính ở hai cực là 6378km.

B. Khối lượng riêng trung bình của Trái Đất khoảng 5520kg/m^3.

C. Phần lõi của Trái Đất có bán kính khoảng 3000km, cấu tạo bởi chủ yếu là sắt và niken, nhiệt độ vào khoảng 3000 đến 4000^{0}C.

D. Bao quanh phần lõi, là phần vỏ Trái Đất cấu tạo chủ yếu bởi đá granit, khối lượng riêng trung bình ở phần này khoảng 3300kg/m^3.

14. Đặc điểm nào sau đây **không đúng** với Sao chổi?

A. Khi chuyển động đến gần Mặt Trời, thường xuất hiện "cái đuôi" hướng ra xa Mặt Trời.

B. Có kích thước và khối lượng nhỏ.

C. Được cấu tạo từ các loại đá granit.

D. Chuyển động quanh Mặt Trời theo những quỹ đạo elip rất dẹt.

15. Đặc điểm nào sau đây là **đúng** với Sao biến quang do che khuất?

A. Là hệ sao đôi gồm sao chính và sao phụ chuyển động trên hai quỹ đạo song song nhau.

B. Là hệ sao đôi mà khi quan sát sao chính trong mặt phẳng chuyển động của sao vệ tinh thì độ sáng tổng hợp mà ta thu được biên thiên có chu kì.

C. Là hệ sao đôi chuyển động quanh Trái Đất theo các quỹ đạo tròn giống như Mặt Trăng.

D. Là sao có thể thay đổi cường độ sáng và thay đổi màu một cách liên tục.

16. Trong các câu sau đây, câu nào **sai**?

A. Sao mới là sao có độ sáng đột ngột tăng lên hàng ngàn, hàng vạn lần, sau đó từ từ giảm dần.

B. Sao biến quang là sao có độ sáng thay đổi.

C. Sao nơtrôn được cấu tạo bởi các hạt nơtrôn với mật độ cực kì lớn, vào khoảng 10^{14}g/cm^3.

D. Punxa là lõi sao nơtrôn có bán kính vào khoảng bán kính Trái Đất.

17. Thông tin nào sau đây là **sai** khi nói về Thiên Hà của chúng ta?

A. Có chứa đến vài trăm tỉ ngôi sao và cả Hệ Mặt Trời của chúng ta.

B. Có khối lượng vào khoảng từ 150 tỉ đến 200 tỉ lần khối lượng của Mặt Trời.

C. Có dạng elip mà bán trục lớn vào khoảng 90 nghìn năm ánh sáng.

D. Là một hệ phẳng giống như một cái đĩa, dày khoảng 330 năm ánh sáng.

18. Thông tin nào sau đây là **sai**?

A. Đại thiên hà thực chất là tập hợp của các nhóm thiên hà lân cận nhau.

B. Trong vũ trụ, Thiên Hà của chúng ta thuộc nhóm thiên hà địa phương gồm khoảng 20 thành viên, chiếm một thể tích không gian gần một triệu năm ánh sáng.

C. Vũ trụ có hàng trăm tỉ thiên hà, các thiên hà thường cách nhau khoảng 10 lần kích thước của chúng.

D. Nhóm Thiên hà địa phương chỉ bị chi phối bởi Thiên Hà của chúng ta.

19. Theo thuyết vụ nổ lớn (Big Bang) thì tại thời điểm Plăng, thông tin nào sau đây về vũ trụ là **không** hợp lí?

A. Kích thước của vũ trụ là 10^{-35}m.
B. Nhiệt độ của vũ trụ là 10^{32}K.

C. Mật độ của vũ trụ là 10^{91}kg/cm^3.

D. Năng lượng trong vũ trụ ít nhất phải bằng 10^{45}GeV.

20. Theo thuyết vụ nổ lớn (Big Bang), tại khoảng thời điểm $t = 10^9$ năm sau vụ nổ lớn thì:

A. tương tác mạnh chi phối vũ trụ.

B. các nguyên tử đã hình thành, tương tác chi phối vũ trụ là tương tác hấp dẫn.

C. tương tác chủ yếu chi phối vũ trụ là tương tác điện từ.

D. vũ trụ đã hình thành giống như nó đang tồn tại hiện nay.

HƯỚNG DẪN TRẢ LỜI

1. Thông tin sai: Số lượng tử điện tích của các hạt sơ cấp có thể bằng 1. Chú ý rằng, Số lượng tử điện tích của các hạt sơ cấp có thể bằng 1, 0 hoặc −1. **Chọn C**
2. Electrôn là hạt sơ cấp có :

   $m_0 = 9,1.10^{-31}$kg; $E_0 = 0,511$ MeV; $Q = -1$; $s = \frac{1}{2}$. **Chọn B**
3. Phôtôn, prôtôn, electrôn và nơtrinô là các hạt bền, không phân rã thành các hạt khác. **Chọn D**
4. Hạt và phản hạt của nó có cùng khối lượng nghỉ, cùng spin và có điện tích bằng nhau về độ lớn nhưng trái dấu. **Chọn C**
5. Sắp xếp đúng: Barion – Mêzôn – Leptôn – Phôtôn. **Chọn B**
6. Electrôn, muyôn (μ^+, μ^-) và các hạt tau (τ^+, τ^-) là các hạt thuộc nhóm hạt leptôn. **Chọn A**
7. Tương tác hấp dẫn xảy ra với các hạt có khối lượng. **Chọn B**
8. Thông tin đúng: Có điện tích bằng $\pm\frac{e}{3}$, $\pm\frac{2e}{3}$. **Chọn D**
9. Thông tin sai: Mặt Trời là trung tâm của hệ và là một trong hai thiên thể duy nhất nóng sáng. Chú ý, trong Hệ Mặt Trời chỉ duy nhất có Mặt Trời là thiên thể nóng sáng. **Chọn B**
10. Trong Hệ Mặt Trời, Thủy tinh có chu kì chuyển động quanh Mặt Trời nhỏ nhất. **Chọn B**
11. Thông tin sai: Khí quyển của Mặt Trời có hai lớp là sắc cầu và nhật hoa trong đó nhật hoa nằm sát mặt quang cầu và có nhiệt độ khoảng 4500K. **Chọn D**
12. Hoạt động của Mặt Trời có chu kì vào khoảng 11 năm. **Chọn A**
13. Thông tin sai: Trái Đất có dạng phỏng cầu, bán kính ở xích đạo là 6357km, bán kính ở hai cực là 6378km. **Chọn A**
14. Đặc điểm không đúng: Được cấu tạo từ các loại đá granit. Chú ý rằng, Sao chổi được cấu tạo bởi các chất dễ bốc hơi như tinh thể băng, amôniac, mêtan ... **Chọn C**
15. Đặc điểm đúng: Là hệ sao đôi mà khi quan sát sao chính trong mặt phẳng chuyển động của sao vệ tinh thì độ sáng tổng hợp mà ta thu được biến thiên có chu kì. **Chọn B**
16. Câu sai: Punxa là lõi sao nơtrôn có bán kính vào khoảng bán kính Trái Đất. **Chọn D**
17. Thông tin sai: Có dạng elip mà bán trục lớn vào khoảng 90 nghìn năm ánh sáng. Chú ý rằng, Thiên Hà của chúng ta có dạng xoắn ốc, đường kính vào khoảng 90 nghìn năm ánh sáng. **Chọn C**
18. Thông tin sai: Nhóm Thiên hà địa phương chỉ bị chi phối bởi Thiên Hà của chúng ta. Chú ý rằng, nhóm Thiên hà địa phương bị chi phối bởi ba thiên hà lớn, đó là thiên hà Tiên nữ, Thiên Hà của chúng ta và thiên hà tam giác. **Chọn D**
19. Thông tin không hợp lí: Năng lượng trong vũ trụ ít nhất phải bằng 10^{45}GeV. Chú ý rằng, năng lượng của vũ trụ khi ấy ít nhất phải bằng 10^{15}GeV. **Chọn D**
20. Theo thuyết vụ nổ lớn (Big Bang), tại khoảng thời điểm $t = 10^9$ năm sau vụ nổ lớn thì các nguyên tử đã hình thành, tương tác chi phối vũ trụ là tương tác hấp dẫn. **Chọn B**

MỤC LỤC

Lời nói đầu 3

Chương I. ĐỘNG LỰC HỌC VẬT RẮN

BÀI 1. CHUYỂN ĐỘNG QUAY CỦA VẬT RẮN QUANH MỘT TRỤC CỐ ĐỊNH 5
BÀI 2. PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG LỰC HỌC CỦA VẬT RẮN
QUAY QUANH MỘT TRỤC CỐ ĐỊNH 8
BÀI 3. MÔMEN ĐỘNG LƯỢNG
ĐỊNH LUẬT BẢO TOÀN MÔMEN ĐỘNG LƯỢNG 11
BÀI 4, 5. ĐỘNG NĂNG CỦA VẬT RẮN QUAY QUANH MỘT TRỤC CỐ ĐỊNH
BÀI TẬP VỀ ĐỘNG LỰC HỌC VẬT RẮN 14
CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM ÔN TẬP CUỐI CHƯƠNG 17

Chương II. DAO ĐỘNG CƠ

BÀI 6. DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA 21
BÀI 7. CON LẮC ĐƠN. CON LẮC VẬT LÝ 27
BÀI 8, 9. NĂNG LƯỢNG TRONG DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ. BÀI TẬP 33
BÀI 10, 11. DAO ĐỘNG TẮT DẦN VÀ DAO ĐỘNG DUY TRÌ
DAO ĐỘNG CƯỠNG BỨC. CỘNG HƯỞNG 39
BÀI 12. TỔNG HỢP DAO ĐỘNG 42
CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM ÔN TẬP CUỐI CHƯƠNG 46

Chương III. SÓNG CƠ

BÀI 14. SÓNG CƠ. PHƯƠNG TRÌNH SÓNG 50
BÀI 15. SỰ PHẢN XẠ SÓNG. SÓNG DỪNG 55
BÀI 16. GIAO THOA SÓNG 59
BÀI 17. SÓNG ÂM. NGUỒN NHẠC ÂM 63
BÀI 18. HIỆU ỨNG ĐỐP-PLE 66
CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM ÔN TẬP CUỐI CHƯƠNG 69

Chương IV. DAO ĐỘNG VÀ SÓNG ĐIỆN TỪ

BÀI 21, 22. DAO ĐỘNG ĐIỆN TỪ. BÀI TẬP VỀ DAO ĐỘNG ĐIỆN TỪ 74
BÀI 23, 24. ĐIỆN TỪ TRƯỜNG. SÓNG ĐIỆN TỪ 79
BÀI 25. TRUYỀN THÔNG BẰNG SÓNG ĐIỆN TỪ 82
CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM ÔN TẬP CUỐI CHƯƠNG 88

Chương V. DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU

BÀI 26. DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU
MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU CHỈ CÓ ĐIỆN TRỞ THUẦN 91
BÀI 27. MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU CHỈ CÓ TỤ ĐIỆN, CUỘN CẢM 94
BÀI 28. MẠCH CÓ R, L, C MẮC NỐI TIẾP. CỘNG HƯỞNG ĐIỆN 98
BÀI 29. CÔNG SUẤT CỦA DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU. HỆ SỐ CÔNG SUẤT 104
BÀI 30. MÁY PHÁT ĐIỆN XOAY CHIỀU 109
BÀI 31. ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ BA PHA 113
BÀI 32, 33. MÁY BIẾN ÁP. TRUYỀN TẢI ĐIỆN NĂNG
BÀI TẬP VỀ DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU 115
CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM ÔN TẬP CUỐI CHƯƠNG 12

Chương VI. SÓNG ÁNH SÁNG

BÀI 35. TÁN SẮC ÁNH SÁNG 126
BÀI 36. NHIỄU XẠ ÁNH SÁNG. GIAO THOA ÁNH SÁNG 129
BÀI 37, 38. KHOẢNG VÂN. BƯỚC SÓNG VÀ MÀU SẮC ÁNH SÁNG
BÀI TẬP VỀ GIAO THOA ÁNH SÁNG 132
BÀI 39. MÁY QUANG PHỔ. CÁC LOẠI QUANG PHỔ 137
BÀI 40. TIA HỒNG NGOẠI. TIA TỬ NGOẠI 140
BÀI 41. TIA X. THUYẾT ĐIỆN TỪ ÁNH SÁNG. THANG SÓNG ĐIỆN TỪ 143
CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM ÔN TẬP CUỐI CHƯƠNG 146

Chương VII. LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG

BÀI 43. HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN. CÁC ĐỊNH LUẬT QUANG ĐIỆN 151
BÀI 44, 45. THUYẾT LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG.
LƯỠNG TÍNH SÓNG - HẠT CỦA ÁNH SÁNG. BÀI TẬP 154
BÀI 46. HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN BÊN TRONG
QUANG TRỞ VÀ PIN QUANG ĐIỆN 158
BÀI 47. MẪU NGUYÊN TỬ BO
VÀ QUANG PHỔ VẠCH CỦA NGUYÊN TỬ HIĐRÔ 161
BÀI 48, 49. HẤP THỤ VÀ PHẢN XẠ LỌC LỰA ÁNH SÁNG
SỰ PHÁT QUANG. SƠ LƯỢC VỀ LAZE 166
CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM ÔN TẬP CUỐI CHƯƠNG 170

Chương VIII. SƠ LƯỢC VỀ THUYẾT TƯƠNG ĐỐI HẸP

BÀI 50. THUYẾT TƯƠNG ĐỐI HẸP 175
BÀI 51. HỆ THỨC ANH-XTANH GIỮA KHỐI LƯỢNG VÀ NĂNG LƯỢNG 178
CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM ÔN TẬP CUỐI CHƯƠNG 181

Chương IX. HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ

BÀI 52. CẤU TẠO CỦA HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ. ĐỘ HỤT KHỐI 185
BÀI 53. PHÓNG XẠ 88
BÀI 54, 55. PHẢN ỨNG HẠT NHÂN. BÀI TẬP 192
BÀI 56, 57. PHẢN ỨNG PHÂN HẠCH VÀ PHẢN ỨNG NHIỆT HẠCH 198
CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM ÔN TẬP CUỐI CHƯƠNG 202

Chương X. TỪ VI MÔ ĐẾN VĨ MÔ

BÀI 58. CÁC HẠT SƠ CẤP 206
BÀI 59. MẶT TRỜI. HỆ MẶT TRỜI 210
BÀI 60, 61. SAO. THIÊN HÀ. THUYẾT BIG BANG 214
CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM ÔN TẬP CUỐI CHƯƠNG 218

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
16 Hàng Chuối – Hai Bà Trưng – Hà Nội
Điện thoại: (04) 9724852; (04) 9724770. Fax: (04) 9714899

* * *

Chịu trách nhiệm xuất bản:

Giám đốc: PHÙNG QUỐC BẢO

Tổng biên tập: NGUYỄN BÁ THÀNH

Biên tập: NGUYỄN THUỶ
Chế bản: Nhà sách HỒNG ÂN
Trình bày bìa: THÁI HỌC
Sửa bài: VŨ NAM

Thực hiện liên kết: **Nhà sách HỒNG ÂN**

SÁCH LIÊN KẾT

KIẾN THỨC CƠ BẢN VẬT LÍ 12 – TỰ LUẬN VÀ TRẮC NGHIỆM
Mã số: 1L - 450ĐH2008
In 2.000 cuốn, khổ 16 × 24cm tại Công ti TNHH In Bao Bì Phong Tân - TP. Hồ Chí Minh.
Số xuất bản: 118 - 2008/CXB/13 - 17/ĐHQGHN ngày 29/1/2008
Quyết định xuất bản số: 450LK/XB.
In xong và nộp lưu chiểu tháng 10 năm 2008.